雙月刊

核能簡訊

NUCLEAR NEWSLETTER

NO. 141
2013 APRIL

福島核災兩周年 興建中核電廠
日本重啟 台灣公投

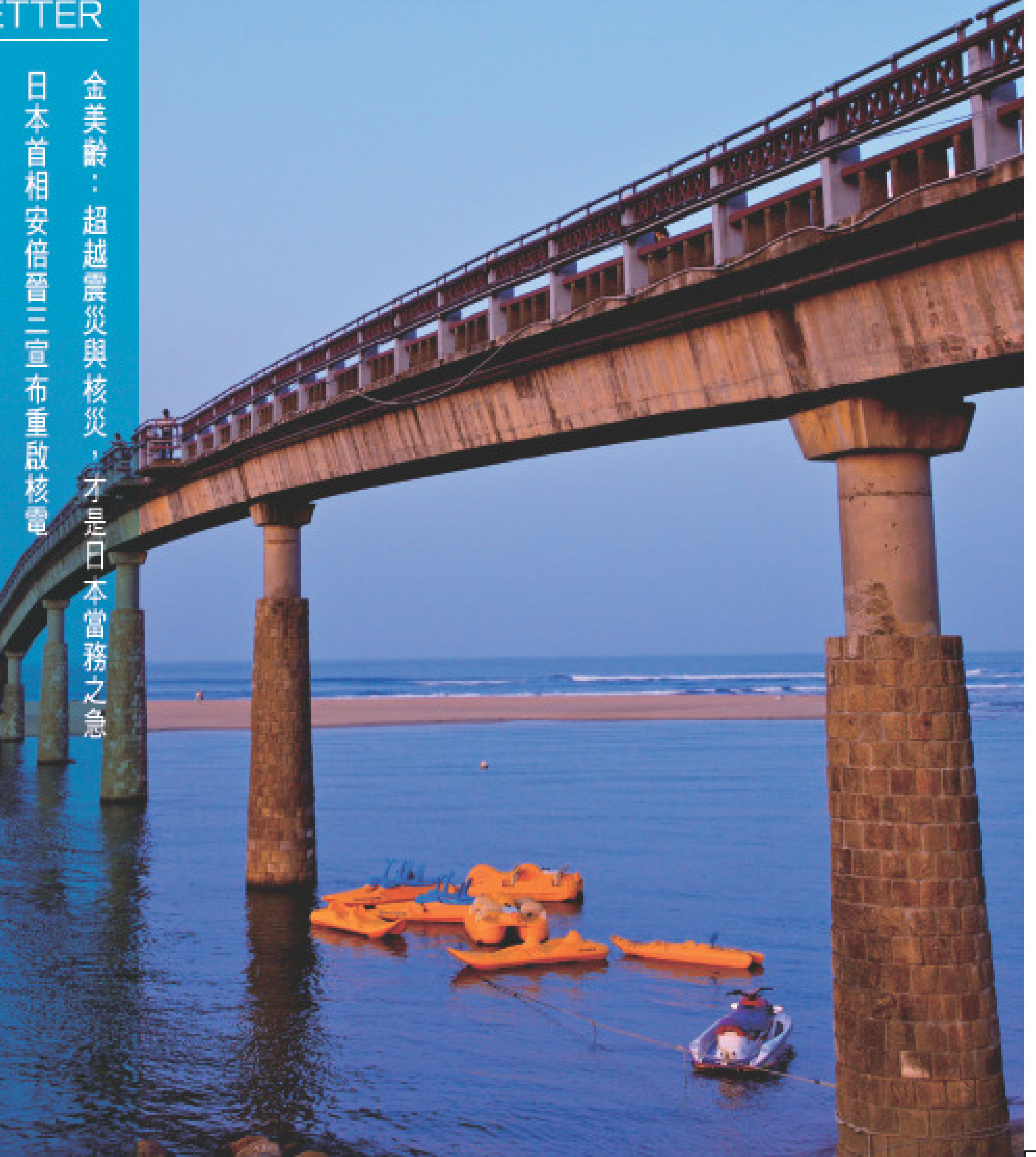
金美齡：超越震災與核災，才是日本當務之急

日本首相安倍晉三宣布重啟核電

日本電力公司陸續申請調漲電價!?

廢核 德國能，台灣當然能嗎

中國核電發展超「紅火」



核能簡訊 NUCLEAR NEWSLETTER

NO.141 雙月刊
APRIL 中華民國一〇二年4月號

封面圖片：賈寮

出版單位：財團法人核能資訊中心
地　　址：新竹市光復路二段一〇一號研發大樓208室
電　　話：（03）571-1808
傳　　真：（03）572-5461
網　　址：http://www.nicenter.org.tw
E-mail：nicenter@nicenter.org.tw
發行人：朱鐵吉
編輯委員：李四海、李清山、汪曉康、陳布燦、陳條宗、劉仁賢、謝牧謙、簡福添（依筆畫順序）
主　　編：朱鐵吉
文　　編：鍾玉娟、劉明琪
執　　編：蕭德敏
設計排版：長榮國際　文化事業本部
地　　址：台北市民生東路二段166號6樓
電　　話：02-2500-1175
製版印刷：長榮國際股份有限公司　印刷廠
行政院原子能委員會敬贈　廣告
台灣電力公司核能後端營運處敬贈　廣告

編者的話

最近，「核能」成了過街老鼠，人人喊打。不管你人到了哪裡，只要在臉書上加上「反核」二字，就有一堆人幫你按「讚」。但是，在我們情緒激昂的跟著反核團體大聲疾呼不要核能的同時，是否也能冷靜下來細細思量：我們對「核能」的瞭解有多少？它的優缺利弊各是什麼？我們可以從這一刻就開始著手「少用電」的儉約生活了嗎？或是已經準備好不用核能以後的替代電力來源呢？因為有電，讓大家可以上網散播、討論「反核」，但這其中有多少的電力是核能提供的？沒有了核能，我們還能過著隨心所欲使用電力的便利生活嗎？

歷經2次原爆及福島核災的日本，仍擁戴選舉出支持核電的首相安倍晉三；顯示出日本民眾對核電的感受，並非如媒體所報導的排斥。缺乏核電的日子，使得日本經濟產生諸多問題；日本電力公司亦不堪負荷的相繼調漲電價。台灣的反核民眾現在可以大器的說接受電價調漲，但就如「廢核──德國能，台灣當然能嗎！？」一文的結尾──不是每一個孩子將來都可以豪邁的說寧可支付高電價，也要廢核。

德國的太陽能發電盛行，因政府的補貼在2013年已攀升至德國總能源開支的47%；德國政府不堪負荷下，漸漸削減電價補貼。台灣當然可以學習德國的電力政策，但是台灣有德國地緣廣大的條件嗎？或是台灣人民能夠接受如德國的高電價？

這世上的事，許多都沒有絕對的是非對錯。現在大多只著眼於核能之惡，卻看不到它的付出；而大家引頸期盼的替代能源，能不能替代尚是未知數，卻也一樣有「惡」。以太陽能發電來說，其生產所需之稀有金屬同樣的也破壞傷害了環境；若真的可替代之後，其使用年限一到，需要淘汰的機組廢棄物處理就不會是問題嗎？還有風力發電，看看濱海沿岸，有多少機組是轉不動的？有多少是殘缺不全的？壞掉或老舊的風扇機組廢棄物又該如何處理？它不會影響環境？不會影響到後代嗎？

人總是不珍惜「理所當然」在身邊的東西，非得要等到失去，才會發覺其可貴之處。

金美齡：超越震災與核災，才是日本當務之急

編譯・劉振乾

旅日前國策顧問金美齡女士的觀點：「超越震災與核災，才是日本當務之急」

發表場合：日本原子力文化振興財團2012/10/19所召開「思考『福島』與今後之日本」研討會（副標題為「新社會的創造與能源問題之走向」）專題演講

專題演講的內容與所表達觀點

我來日本已有50多年，日本是個很棒的社會，日常生活真的規規矩矩，是世界上最容易過活的國家。待人處事的態度謙和又熱心，在日常生活裡是世界上最好的國家，而中間層的人們又特別多。

但是日本人的思考裡有很大的缺點，那就是「全有或歸零（All or Nothing）」。在漫長人生中，我有過好幾次這種經驗。

首先是戰前、戰後。當然輸掉如此大的戰爭無疑是一件天大地大的事，但還會是把過去日本所培育出來的東西一概加以否定，說：「這些全部是錯誤的。」

我是1959年來日本的，第2年就發生所謂的「反對簽訂日美安全保障條約（修正）」的60年安保運動（註1）。早稻田大學校園裡的學生簡直就像是待在紛爭中的熱鍋裡一樣。大家都不念書，每天都是班上的討論。但是觀察班級的討論中，很明顯的察覺到，發言的只是一小群人，剩下約35名學生都啞口無言。

說不出口的理由之一是搞不清楚安保條約修改到底是怎麼一回事，是變好或是變壞？並且這些搞紛爭的學生們，一到就業活動的時期，大多數就搖身一變，身穿西裝在大公司門口排隊。看到這模樣，我頓悟：「啊！原來這是演戲。」

金美齡女士簡介

出生於台北，具有早稻田大學文學博士學位，於早稻田大學執教英語教育約 20 年。1988 年創立學校法人紫永國際學園 JET 日本語學校，並擔任校長至 2000 年。著有「凜烈的日本人」等多本書籍。常上日本電視節目，為有名的評論家。與先生周英明於 1962 年參與「台灣青年社」，投身台灣獨立運動。陳水扁總統時代獲聘為國策顧問，為台獨資深大老。







然後是泡沫時代，連大企業都無法倖免。去美國大肆併購，被美國責難，最後卻是廉價出售，賠老本收場。眼看泡沫興起，然後又崩落。

日本人基本上有相當的知識，也有很多人是認真的過活，但卻不知什麼原因，有一部分的人會突然陷入「全有或歸零」的思考中並採取行動。

但是事物都有銅板般的正反兩面，有好處也有壞處，在如此價值觀複雜的社會裡，幾乎很少有「這絕對是正確的，而那絕對是不正確的」的事情。因此什麼是好處，又什麼是壞處，必須綜合的加以思考再做判斷。

能夠冷靜的人，都會靜觀事情的變化，而保持沉默；反對的人卻是敲鑼打鼓大聲張揚。然後當媒體再跟進時，就會產生「我在做的事正是替天行道」的感覺，接著如同火上加油般而一發不可收拾，這樣的事在日本人身上常常會發生。

在福島發生如此大的災害之後，我們陷入所有的人都必須認真思考這件事的境地。基於消費者的身份，我能了解的是，如果不維持現在很重要的生命線（註2），那日本會垮掉。

背負著「失去的20年」重擔而一直衰退下去的日本，到底要尋回什麼東西？ 日本擁有的王牌是什麼呢？應該是「技術立國」吧。已經擁有如此深厚的原子力文化所培養出來的核能技術，我們能說「NO」而加以一筆勾銷嗎？在這事故發生前，日本不是積極的向外國推銷核能電廠的建廠嗎？日本的技術已經達到被信任的水準。

當福島事故發生後，有不少人受到牽連，真是很大的災害。不過我可以明確的說，如果因此而否定一切，「就把這些當成沒有的」，那真是愚不可及。

電力的供應是最重要的生命線之一，我們的生活已然到此地步。其實我個人是從很久以前就把「節電、節電」掛在口裡的人，但是也深刻瞭解電力的穩定供應是何等重要。

如果發生如福島一般的大災害，我們應該怎麼辦，我們的走向又是哪裡？要維持生命線，什麼是可能的，什麼是不可能的，這些正迫切的等待我們的回答。

戰前、戰後我們被迫面對各色各樣的問題，然後我們逐一加以解決。但是，一個重要的問題是什麼呢？那就是一旦發生事情，日本一定有停止思考，抱著「全有或歸零」想法的人上場，並且他們的聲音特別大。

要維持生命線什麼是可能的，什麼是不可能的，要好好考慮這問題，這是專家們的事，我們必須支持這些人的所作所為。

當福島事故發生後，我自個兒拼命想了一陣子。那就是一定不要把核能技術就此當作虛無的，將其束之高閣。應該找出失敗的原因，想辦法如何減少危險，在這方面的技術上多下工夫。之後漸漸增加可再生能源，也能好好維持大家的生活，這才是我們最好的做法，至少我認為是這樣子的。

總之，要解決它只能靠人類的智慧，並不是只是反對就行。

當福島事故發生後，在松江的島根核電廠工作的一位技術員工認為：「這種時候正是我們效命的機會」，抱著必死的覺悟，隻身前往不知變得怎樣的福島。就是有這樣的日本人。這是在報上看到，我把他寫進「凜烈的日本人」中當作插曲。當我到松江演講的時候，會後他們夫婦來見我，他太太穿著和服，很正經的向我道謝，日本還是有很多正派的人。

針對能將我們的生命線加以危機管理並好好維持的人們，我們不要沉默不出聲，而是要拉高音調聲援他們。

◎聽眾迴響之一

金美齡女士的演講令人印象深刻的是「現在日本需要的事：很明快地論述，並冷靜判斷核能的重要性」，希望有更多的人來看。（東京都江東區 栗林洋子）

◎聽眾迴響之二

金女士觀察日本的眼光銳利又準確，我感到驚訝也很高興。日本技術的可靠性及日本人的智慧、好處等，我們平常都忘記的事，讓我們又回想起來。因為有核電事故而否定一切，實在是愚不可及。

日本的王牌是「技術」，祈望克服核電事故，以過去創造繁榮的優秀製造技術來重建日本，再度復興。（岡山縣津山市 山崎 茂）

◎聽眾迴響之三

金女士的演講內容令人感動在心，毅然點出日本人陷入「全有或全無」的思考模式，一有問題馬上說都不行，確實有這樣的情形。福島事故發生就馬上說核電不行，正是「全有或全無」的典型思考。日本是以優秀的技術立國，國際上亦被肯定，我相信發生事故我們有克服災難的技術與智慧。（大阪市 小林 はやす）⊕

註1：「安保鬥爭」：1960年代，以學生為主反對日本和美國簽訂「安全保障條約」的大規模抗議行動。

註2：生命線（life line）：此處指維持生活的必需品，如水、電、瓦斯、通信等公共設施。

原始資料：「原子力文化」 2012年12月號及2013年元月號

日本首相安倍晉三 宣布重啟核電

文・編輯室

歷經2次原爆與福島事故　日本民眾仍選擇核能

去年日本眾議院大選，很多主張「零核電」的候選人最終落選，反映出大部分日本民眾並未將反核視為重要議題。

回首日本歷史，經歷過廣島、長崎2次原爆的日本，社會大眾能夠運用理性與智慧，同意政府的「原子力立國」政策，設立多達54座核能機組。

同樣的，才剛經歷福島核災滿2周年，剛上任的新首相安倍晉三就宣布前任民主黨政府的廢核政策是不負責任的作法，宣布將重啟經過安全驗證的核能機組，還要興建新的核電廠。他的理由是福島第二核電廠平安無事，另一座更接近震央的女川核電廠也屹立不搖，甚至成為女川町居民的避難所（台灣媒體從來不提這種正面訊息）。安倍認為這足以證明，目前核電廠的安全設計與應變措施是能夠因應重大的天災。他認為應著眼於反應爐與安全對策有何不同之處。

工商產業界要求政府儘快重啟核電廠

安倍首相在2月28日眾院全體會議上發表首次施政方針演說時，就福島核事故做出反省，他表示「將在原子力管制委員會領導下創造新的安全文化，毫不妥協地提高安全性。」同時還表示將通過節能和採用可再生能源，盡可能降低對核電的依賴程度。正式推翻前首相野田佳彥所主張的「2030年零核電政策」。

由日本經濟界人士和專家學者組成的「能源原子力政策懇談會」的30名成員，2月25日向日本首相安倍晉三和經濟產業大臣茂木敏充提交了「重新構築負責任的原子力政策」建言，建議重啟核電廠。

此外，日本關西經濟聯合會會長、關西電力公司董事長森詳介2月28日在東京與日本經濟再生大臣甘利明進行會談，表示「安倍內閣的經濟刺激措施取得成果的大前提，是保持電力供應穩定」，要求政府應儘快重啟已確認安全的核電廠。

甘利明在會談後向媒體表示，「安全問題不能等閒視之，不過，已確認安全的核電廠會迅速重啟。」

改用火力發電　每年赤字3兆日圓

日本核電機組停止運轉，導致火力發電廠的燃料費增加，每年有超過3兆日圓的國家財富流出。能源原子力政策懇談會認為，可再生能源目前難以成為廉價且安全的電源，要求政府在確保安全的前提之下重啟核電廠。該懇談會還建議將福島第一核電廠報

廠，成立「國際研發中心」。

美國前副國務卿阿米塔吉認為，日本須維持經濟大國的地位，並貢獻集體安全保障，不應自我放棄核電、自綁手腳。先前的野田政府雖提出2030年零核電政策，明定核電廠運作最高年限40年，但後來卻又決定暫停興建的大間核電廠、島根核電3號機繼續興建，顯見其決策的矛盾。

有專家批評，野田政府沒考慮到，能源戰略是國家戰略，攸關國家安全保障。與歐美國家彼此互有電力連結網的狀況不同，日本是未與外國連結的「電力孤島」，輸電網路脆弱，東西部的電力周波數也不同。

發生福島核災後，日本核電廠「安全神話」破滅，核災導致16萬人被迫遷移；但是電力不足也導致經濟停滯、企業出走海外，全體國民具受影響。

預計明年以後才能重啟機組

一份針對日本10家擁有核電廠的電力公司的問卷調查，結果顯示，隨著7月起將實施新安全標準，要重啟核電機組，很可能要延遲至明年以後。這是因為原子力管制委員會認為無法在今年內完成對核電廠的安全審查。唯一正在運轉的關西電力大飯核電廠3號、4號機組（位於福井縣），將於9月接受定期檢查，屆時很可能再次出現所有核電廠全部停機的情況。

關於重啟的時期，四國電力的伊方核電廠3號機被認為安全對策最為完善；但是，四國電力的高層人士表示，若按照目前的審查速度，今年內也重啟無望。福島第一核電廠事故發生至今已2年，核電廠重啟的前景仍不明朗。

九州電力的川內核電廠1號、2號機組（位於鹿兒島縣）預計今年7月重啟，但強調前提是原子力管制委員會能迅速進行審查。其他電力公司未對重啟時間做出明確回答。

在新標準實施後，電力公司辦理核電廠重啟手續時首先應向原子力管制委員會提出安全審查的申請。安全性得到確認後，在獲得當地政府同意的基礎上，最終由日本政府做出重啟決定。但是，原子能規制委員會委員長田中俊一曾表示，安全審查一座機組需耗時半年或一年。新標準的安全對策範圍較廣，因此今年內難以完成審查作業。

台灣民眾想一想……

儘管日本反核運動聲勢非常驚人，但是安倍晉三可以在選戰中勝出，就表示日本的沉默大眾以選票支持他的能源政策。台灣現在正陷入核四公投的風暴中，309反核大遊行才剛落幕；讓我們想一想，日本民眾普遍教育程度高、素質優，不會沒想過反核人士所提出的論點；日本民眾更不可能不顧自己和下一代的生存環境，執意要用核電污染家園。同樣處於「電力孤島」的台灣，這些問題非常值得我們深思。

參考資料：

1.日本共同網，2013/02/28、03/03，http://tchina.kyodonews.jp/news/2013/02/47561.html，http://tchina.kyodonews.jp/news/2013/02/47560.html，http://tchina.kyodonews.jp/news/2013/03/47750.html

2.北極星電力網新聞中心，2013/2/26，http://news.bjx.com.cn/html/20130226/419451.shtml

日本電力公司陸續申請調漲電價

文．編輯室

日本東北電力公司於2013年2月14日向日本經濟產業省申請調漲一般家庭的電價，平均漲幅為11.4%，而經濟產業省審核同意的作業程序約需4個月。至於無需政府同意就可調漲的工業用電，也將上調17.7%。這將是東北電力公司在過去33年中首次調漲電費。經濟產業省表示已收到東北電力公司的申請，並將擇期召開公聽會。

電價調漲的原因，主要是為彌補該公司旗下全部核能機組長期停止運轉，以致於不得不改用火力發電而造成的燃料費龐大成本，以及必須從其他電力公司購買電力應急的電費支出，而形成的財務虧損。同時，東北電力公司也面臨自311福島事故所造成的工業用戶需求減少，與重要電力設施損壞需維修的不利環境。



東北電力公司強調，311事故的地震及海嘯，造成該公司海岸沿線發電及輸配電設施遭受極為嚴重與廣泛的破壞，而雪上加霜的是2011年7月的暴雨再使29座水力電廠受損。因此東北電力公司的財務狀況急遽惡化，除了過去兩年連續虧損外，預期今年赤字將更形擴大。

電價的調漲幅度是根據東北電力公司對未來3年財務狀況的前景預估而得，基本上是假設旗下東通核電廠能於2015年7月獲准重新啟動，以及女川核電廠會在2016年或稍晚恢復運轉。其中擁有單部核能機組的東通核電廠，是於2011年2月開始大修後就長期處於停機的狀態。至於擁有3部核能機組的女川核電廠，則自311事故自動急停後也一直未獲政府允許重新啟動。

東北電力公司是自311事故後日本第4家申請上調電價的電力公司。之前的東京電力公司已於2012年7月獲得經濟產業省同意調漲8.5%的一般家庭電價，工業用電的漲幅則未公開。關西電力和九州電力公司則同時於2012年11月申請調價：關西電力公司申請家庭用電調漲11.9%、工業用電調漲19.2%；九州電力公司則分別調漲8.5%及14.2%。



在九州電力之後，四國電力公司2月20日隨即也向經產省提出申請，想要調漲電價。預計家庭用電增加11%，工業用電則增加17.5%，以反應進口化石燃料所暴增的成本。預計新的電價將在今年7月1日開始實施。四國電力公司旗下擁有伊方核電廠，共3座機組，位於愛媛縣內。北海道電力公司表示，將隨後跟進調漲電價。

但是，如果經產省不同意四國電力的調價申請，四國電力公司今年將面臨760億日圓的嚴重虧損，這將是該公司成立以來最慘烈的財政赤字。

四國電力公司預期2025年時，液化天然氣價格將暴增至目前的2倍，估計該公司每年將支出1,560億日圓；而燃煤的成本也會高漲，每年將額外支出370億日圓。此外，四國電力還有另一個經濟壓力，那就是伊方核電廠提昇安全等級所需要花費的資金。

目前日本所有的電力公司都大量進口化石燃料，作為因應電力需求的替代能源，其中液化天然氣占大宗。而在過去兩個會計年度，消耗量已大幅增加24%之多。

福島事故之後，核能發電幾乎全面停擺已經是第2年，日本全國各地都感受到付出的代價。因為進口化石燃料成本大漲，導致2012年貿易赤字暴增，一年就花了2.5兆日圓（約9,000億新台幣）。

WNN News 2013/02/14、2013/02/22

廢核 德國能，台灣當然能嗎！？

文・葉宗洸

日本福島核能事故後，使用核電多年的德國立即宣布，以穩健減核的方式，於2022年全面廢核。國內環團也很喜歡引用德國的個案做為反核的主要論述之一：德國能，台灣當然能。到底台灣與德國在電力供應型態與電價結構上有何不同？值得加以分析。

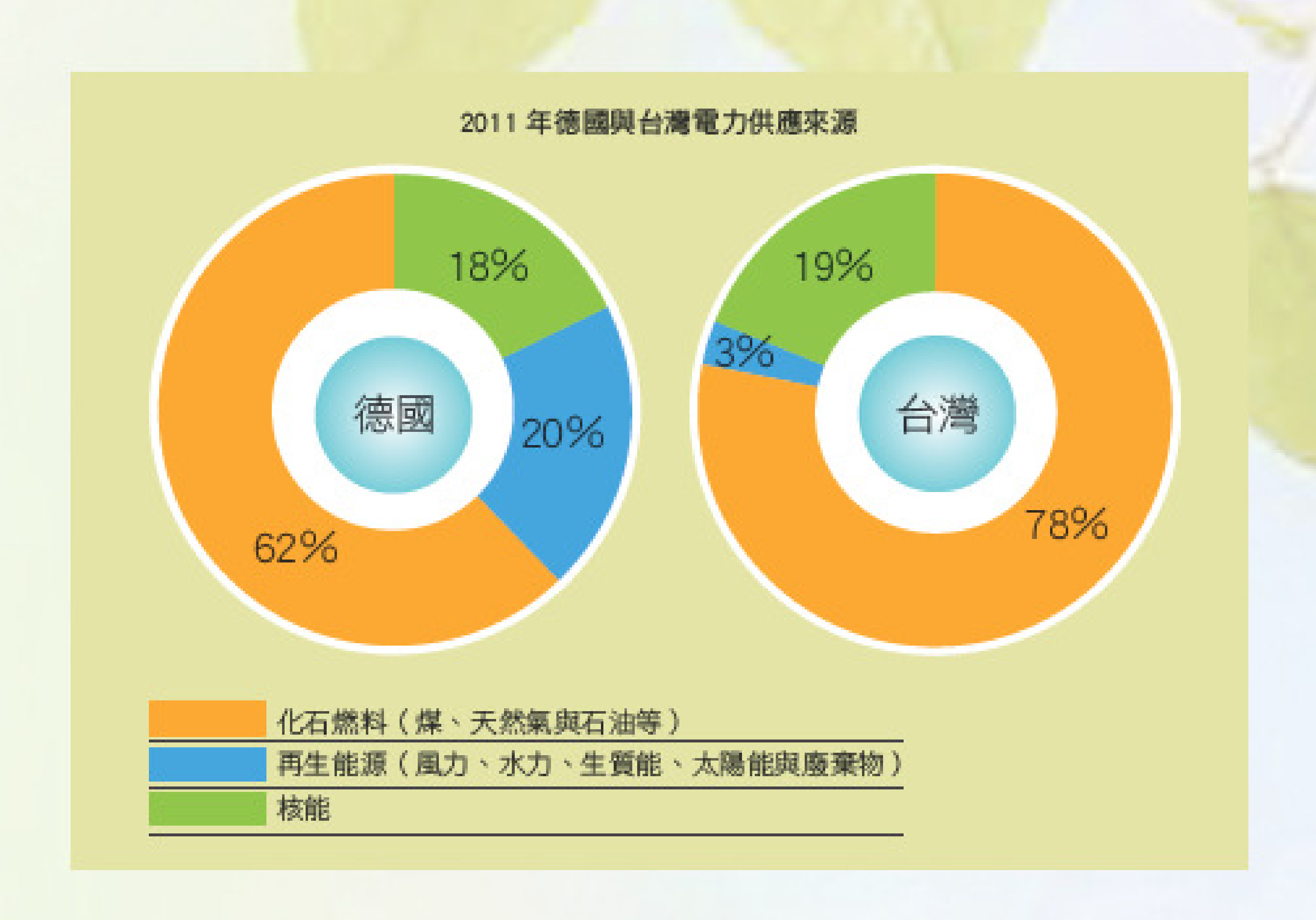
根據德國經濟與技術部在2012年發布的供電來源數據顯示，2011年德國的電力供應有62％來自化石燃料（包括煤與褐煤、天然氣、石油等）、20％來自再生能源（包括風能、生質能、水力能、太陽能與廢棄物）、18％來自核能；同一年度，台灣的電力供應有78％來自化石燃料、3％來自再生能源、19％來自核能。

德、台之間最大的差異在於台灣的化石燃料發電比例比德國高了16％，但再生能源發電卻比德國少了17％，而核能發電的比例則是非常接近。這樣的發電比例差異在一般民生電價上到底造成了何種影響，是相當令人好奇的。

友人旅居德國10餘年，他一向有保留帳單的習慣，10年的電費帳單依舊留存。事實上，德國電力公司會在每一會計年度結束後，主動寄發年度電費明細給所有用電戶，方便用戶留存記錄。為了發掘前述的電價差異，特別商請他將過去的電費帳單寄給我，以利比較台、德兩地一般家庭用電的費率。

友人家中2005年4月至2006年3月的總用電量是3,591度，一共繳交769.37歐元的電費，平均電價每度是0.214歐元，依當時匯率換算成台幣則是每度8.35元，當時台灣民生用電每度是2.80元。

到了2011年4月至2012年3月期間，友人家的總用電量降為2,829度，但卻繳交了790.39歐元的電費，平均每度電價上漲至0.279歐元，相當於台幣10.90元；同一時期的台灣民生用電每度仍然是



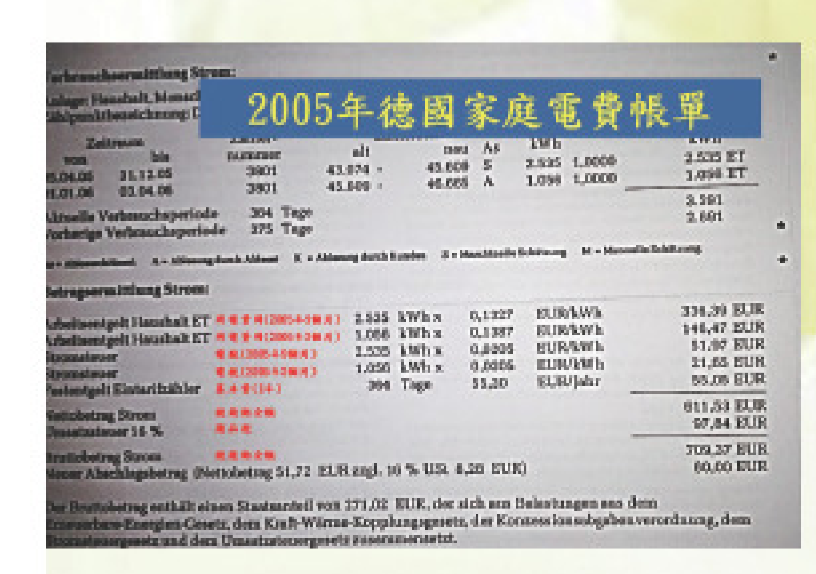
2.80元。

德、台兩地電價差異如此之大，除了消費水平的不同（德國人平均年所得為美金4萬4千元，我國為美金2萬元），更重要的原因，是德國電力公司收取的每度電費中，還包含了補助發展再生能源與汽電共生的高額稅費。

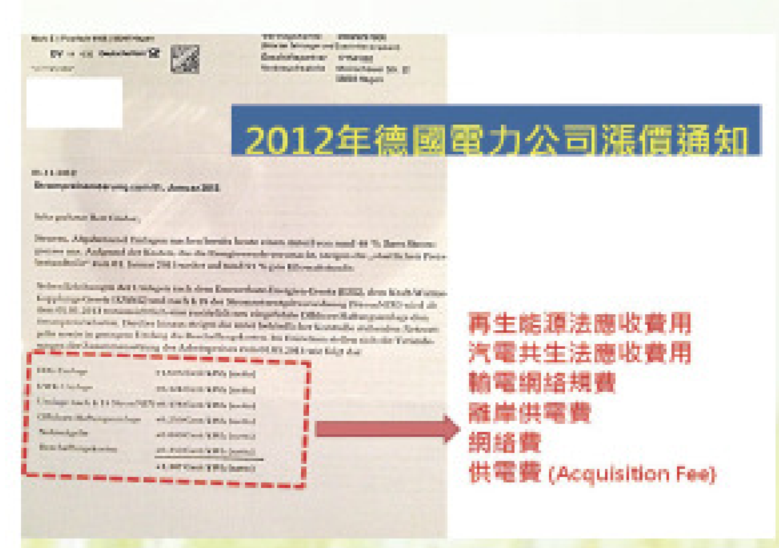
我們同時注意到，德國電價於6年間已上漲超過30%，但2012年11月友人再度接到電力公司的電價調漲通知函，從2013年1月1日起每度電價調漲約1.32元台幣，平均電價來到每度12.22元台幣的歷史新高，同時也是全世界最高。函中並告知，調漲的費用有一半將再貼補已受補助的再生能源發電，小部分再貼補同樣已受補助的汽電共生，新增的補助項目則有離岸風力發電。

德國在綠黨與社民黨合組聯合政府期間（1998年至2005年）大力發展包括風能、太陽能及生質能等再生能源發電，限縮核能發電比例，因此德國核能發電比例由2004年的28%下降至2011年的18%。然而，全力發展再生能源發電的後果，卻是讓民眾吃足了電價不斷上漲的苦頭。

德國政府不斷補貼成本高昂、效率不佳的再生能源，固然提高了綠能發電比例，反應在民眾身上的卻是即使節電也無法讓電費有效降低的痛苦。這樣的情況是







在核電比例還有18%的狀態下發生的，若是核能發電比例真的在2022年調降至零，並且均以再生能源替代，屆時德國的電價勢必再創新高。官方的經濟數據永遠有方法加以美化，但是小老百姓從荷包掏錢，繳付一再上漲的電費的感覺卻是最真切不過，「夠了就是夠了」的反彈終究會出現的。

過去10年，確切的數據告訴我們，台灣的電價相較於德國，即使將每人平均年所得列入考量，依舊明顯地低廉且穩定，這其實是拜各任政府因選舉的政治操作，刻意不讓電價調漲之賜。台電公司至今還能苦撐而尚未破產，則是因為將近20%的核電，以及政府尚未傾全力發展再生能源發電（目前僅有3%）。

人們對於能源型態的選擇理念可能不同，但是最終的目標卻是一致的，就是給孩子們一個安全無慮、經濟無慮、甚至生活品質無慮的未來。據此，排除掉加速全球暖化、導致極端氣候的化石燃料發電，難道擴充並補貼效率不佳的風力發電及太陽能發電比例來取代核能發電，會是僅剩的選擇？當然不是！或許有人會說德國能，台灣為什麼不能？當然能！但請注意，不是每一個孩子將來都可以豪邁地說寧可支付高電價，也要廢核。（本文作者為國立清華大學工程與系統科學系教授兼系主任）

德國能源轉型 需砸下 39 兆台幣

文．編輯室

在德國法蘭克福廣訊報日前的深度專訪中，德國能源與環保部長阿特麥爾公開表示，德國以再生能源取代核能的政策，到2030年底前，可能需投入高達1兆歐元（約39兆新台幣）以重組及重建全國的發電與供電系統。其中為了鼓勵電力業者於廢核後擴大對風能及太陽能等再生電源的開發，依據德國政府訂定的固定收購電價制度（Feed-in tariffs），在2020年之前，對再生電源的補貼金額就會來到6,800億歐元（約26兆5,200億新台幣），占1兆歐元中的2/3。阿特麥爾也提醒，如果未來電力市場的一般電價費率走低時，為維持對再生電源的固定躉購費率，這筆補貼的金額還會再往上增加。

德國目前的固定收購電價制度，基本上是政府與再生能源的發電業者簽訂20年的長期合約。合約期間內，公共電網須以政府於再生能源法中制定的固定躉購費率，收購再生能源所生產的電力。此固定躉購的費率除了原本的一般電價費率外，還加上了若干對再生能源的補貼。固定躉購費率或補貼的金額，一般取決於該種再生能源發電設施的造價及安裝費用，因此造價高的再生能源補助也高；譬如對風能的補貼就要比太陽能和潮汐能少一些。通常隨著時間愈晚、各種能源技術的提昇及成本的下降，補貼的金額也會逐年減少。值得注意的是，此補貼的金額是直接反映在電費內向消費大眾收取，而非由政府以編列預算方式來補貼。

面對6,800億歐元這筆龐大金額，阿特麥爾正計畫與經濟部長共同提案，降低再生電源新建設施的固定躉購費率，期望在未來20年內能節省2,000億歐元（約折合7兆8,000億台幣）的支出。但是同時，也計畫藉由限制一般電價費率上漲來抑制其他能源發電的成長，以激勵更多再生能源電力提早進入電力市場。阿特麥爾同時指出，能源結構若要成功轉型，現在可能是建立各項要件的最後良機，也意味著經濟上的可行與可被接受，是能源成功轉型的先決條件。

德國政府的構想，是再生能源要在2020年之前提供全國20%的電力，化石燃料則將在核電廠全部關閉之後提供其餘的百分之80%。

棄置幾十億瓦的核能電力，而改以再生能源電力取代的結果，勢必對德國的輸電網路造成衝擊。因此，為配合能源轉型，德國於2012年5月宣布了電網的升級及擴建計畫。稍後，德國能源署的智庫則概估，輸電網路的擴建及重建至少要花費275億歐元（約1兆725億新台幣），更可能會高達425億歐元（約1兆6,575億新台幣）之多。

WNN News 2013/02/20

備用容量太多了嗎？

文・陳立誠

近日因電費調漲，台電營運被用放大鏡檢視，十分冷門的「備用容量」一詞竟也屢屢躍上報紙頭版，但不幸的是報刊評論則是錯誤百出。

以101年4月18日自由時報頭版報導——「備載率過高，經部還要開放民營電廠」，就顯示該記者對備載容量有許多誤解。該新聞末段表示：「備載容量在民進黨執政時代確實都維持在16%上下，2008年國民黨接掌政權，立刻跳升到21.1%，隔年更高達28.1%，去年是20.6%，難怪台電的虧損年年擴大，這都是政策不知變通的結果。」

電力建設的特性就是建廠的時間極為漫長，台電建廠時程由規畫、環評、政府核准、招標、建廠、試運轉到完工商轉，燃氣電廠要8年，燃煤電廠要10年，核電廠更要10年以上。所以今日完工的電廠都是10年前就規劃的，而今日規畫的電廠也要10年以後才會完工。過去10多年台灣尖峰需求成長正常情形每年在3%-4%左右，所以台電就要規劃每年新增機組，提供的尖峰供應成長也要達到這個數字。

2007年台電系統備用容量為16.2%，2008年發生金融海嘯，當年尖峰電力需求重挫4.5%，所以2008備用容量就接近21%。2009年經濟尚未恢復，尖峰需求連續第2年負成長（-1%），但當年大潭電廠及民營星元電廠正好完工，系統供電能力增加了5%，一來一往使得備用容量在2009年高達28.1%（詳圖1）。

當年完工的大潭機組也是在10年前就已規畫進行的計畫。備用容量是無法短期「變通」隨當年尖峰負載而調整起舞的。

2010因天然氣供應增壓，所以大潭電廠供電能力小有增加。當年尖峰負載在衰退兩年後一舉成長6.5%，使2010年備用容量驟降為23.4%。2011年尖峰負載成長2.3%，但無新電廠完工，所以備用容量降為20.6%。

我國今日電力建設的危機是在馬總統第2任4年間，除核四1號機外沒有一個機組可以完工。如果電力仍年年成長3%-4%，則2015年備用容量將降為個位數，這



圖 1. 我國歷年備用容量變化情形

也就是為何經濟部急於開放民營電廠，希望填補此一缺口。

據報載，曾任行政院長的謝長廷也對備用容量充滿誤解。謝先生曾向監察院檢舉台電「調高」備用容量為28%。謝先生可能不知道，2009年尖峰負載連續兩年重挫，但很不湊巧適時完工造成備用容量增加為28%的大潭機組，正是在謝先生擔任行政院長期間趕工興建的。不知監察院對謝先生的自我檢舉是否感到啼笑皆非。

表1是解釋備用容量的圖表，表2為各國備用容量率目標值及備用容量率的定義（日本與其他國家不同）。

基本上我國與大多數國家備用容量定義相同，就是在夏日（或冬日）尖峰用電時，供電容量與尖峰負載的差額。備用容量率為該差額除以尖峰負載。日本則由供電容量中，將檢修及大修機組剔除，得到可調度容量，以此為基準計算備用容量。

因缺電所造成的損失，遠大於為避免缺電而造成過度投資的損失，所以各國都有備用容量的目標值。

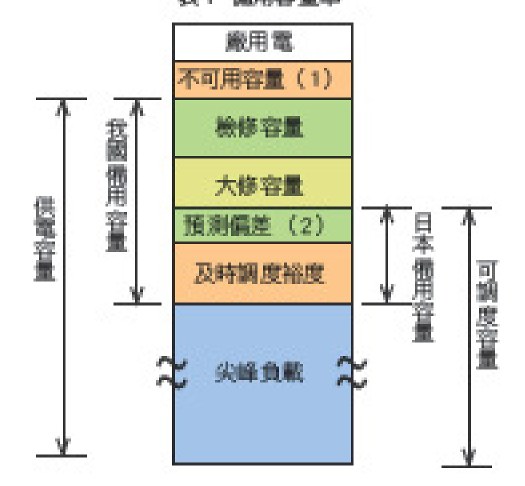
表2中以新加坡30%最高，我國與美國為15%最低，日本如以與其他國家相同定義，計算後約為40%。

一般而言電力系統小，則備用容量率的目標值高，系統大則低，這是有其道理的。因為在小系統中，單一機組所占比重較大，當其大修或故障時對系統影響很大，所以小系統的備用容量率都較大，新加坡即為一例。

美國電力系統遠大於我國，備用容量率目標值與我國相同，同為15%。英、韓電力系統都大於我國，但其備用容量率目標反而都較我國為高。

各國備用容量的情形

表1 備用容量率



（1）不可用容量包括機組老化，氣溫等影響減少之出力及間歇性再生能源減少之出力。（2）預測偏差包括景氣、氣溫造成的用電需求增加、機組商轉時程延後、枯水減載等。

表2 備用容量率之目標值

國別	備用容率目標
新加坡	30%
英國	20%
韓國	15-17%
美國	15%
台灣	15%
日本	8-10%

各國備用容量率定義（除日本外）：$\frac{供電容量－尖峰負載}{尖峰負載}$

日本備用容量率定義：$\frac{可調度容量－尖峰負載}{尖峰負載}$

由以上述數據反應我國備用容量目標值恐不夠保守，與其他國家相較，發生缺電的機率較大。（本文作者個人部落格「台灣能源」：http://taiwanenergy.blogspot.tw/）

核四與統包

文・陳立誠

近來媒體的報導中對核四工程充滿了誤解，本文將一一予以討論。

報導指出：

「核四為何從一項國家的重大建設，變成災難？這要從民國80年代核四重啟建廠時的策略錯誤開始。核四廠放棄了核一、二、三廠的委外統包建廠方式，採以分別發包，由台電自主興建，這是一項高難度的考驗，也是核四廠災難的開始。」

由以上的陳述，不明實情的讀者可真的被嚇壞了。

核一到核三廠都是由台電聘請國外工程公司擔任「工程顧問」角色，而由台電以分包方式自行興建。核一廠的總顧問是伊百思科公司（Ebasco），核二、核三廠的總顧問是貝泰公司（Bechtel）。這兩家公司在核一到核三建廠中扮演的角色都是「工程顧問」而非「統包商」。台電給付這兩家公司的費用都只是顧問服務費（以10億計，而非數百億或千億的統包費用）。

建廠過程中，上百的設備標及施工標都是台電以分包方式與國內外設備廠商及施工廠商分別簽約。台電並沒有與伊百思科及貝泰兩家公司簽統包合約，而這兩家公司再與各分包商簽約。核一到核三完全不是台電委由工程公司以統包方式建成。

通常統包合約的領軍者不是工程公司，便是設備廠商，台電既然沒有與這兩家工程公司簽統包合約，台電是否有與設備廠商簽統包合約，而由設備廠商領軍負起統包重任？顯然也沒有。

核電廠中最重要的兩個設備是反應爐及汽渦輪機／發電機。如果設備廠商擔任統包商，則一定會用本公司所生產的設備，不會用競爭對手的設備。核一、核二採用的是沸水式反應爐，反應爐由奇異公司得標，但汽渦輪機／發電機都是由西屋公司得標。核三採用壓水式反應爐，反應爐由西屋公司得標，但汽渦輪機／發電機卻是由奇異公司得標。

奇異公司及西屋公司都有製造反應爐和汽渦輪機／發電機的能力，由核一到核三廠這3個核電廠中最重要的設備，都不是由同一家公司提供，可證明設備廠商也沒有擔任統包商的角色。

核一到核三正是台電以分包方式招標，而由台電自行興建。核四也是依此模式興建，在媒體報導下竟成了核四建廠發包方式錯誤的罪證，這誤會可大了。

石威、奇異、伊梅特

在本人的部落格中有讀者留言，提了3個問題，很值得特別在此討論。

第1個問題：台電以「設計整合效能欠佳」為由，不再跟石威公司續約，後來這家公司倒閉了，將來出事，倒閉的公司不會幫

台灣負責。

這是搞不清事件發展順序，倒因為果，張飛打岳飛，張冠李戴的明證。台電於1996年與石威簽約，石威於2000年倒閉由Shaw集團併購，台電轉與Shaw／石威重新簽約，由其繼續提供顧問服務，直至2007年與該公司解約。Shaw／石威集團，目前仍舊「健在」，目前正在中國大陸為浙江三門核電廠及山東海陽核電廠提供顧問服務。

第2個問題：台電公司和主要供應商奇異公司發生履約糾紛，核四當了好幾年的「孤兒工程」，到99年才重新簽約。台電多次違法變更設計，被原能會處罰（原能會網站可查到開罰記錄），已經不是奇異原本設計的東西，將來出事，奇異也不會幫台灣負責。

奇異公司與其下包商日立公司目前尚有近200名工程人員派駐核四工地，目前核四工程正處於試運轉緊鑼密鼓階段，待一切就緒，預計102年將向原能會申請裝填核燃料，之後反應爐的性能測試等重頭戲才要展開。如果奇異公司的反應爐達不到規範的規定，奇異公司還要面對合約罰則。奇異公司必將卯足全力使反應爐達到最佳狀態，並成功達成功能測試標準以免受罰。所以說奇異公司不會因台電變更設計，而撒手不管，。

第3個問題：奇異執行長伊梅特曾公開表示：核電的成本比其他能源高出許多，「很難」為它辯護。

這題要由奇異公司和伊梅特的背景說起。奇異公司是一個極大的公司，公司分為許多事業群，不但製造發電設備，也製造飛機引擎，又經營財務事業。各事業群總經理都嫻熟其本身業務，但對其他事業群業務就不見得了解。2001年奇異傳奇董事長傑克威許退休，將董事長一職交給伊梅特。伊梅特在升任集團董事長前，擔任奇異醫療事業群的總經理，對能源事業基本上是門外漢，也因此鬧過不少笑話。

伊梅特剛上任，就發表高見，認為能源事業群太不長進，多年來發電效率進步太緩慢了，不像醫療設備（如核磁共振設備）進步神速，經常推出新產品。伊梅特並不了解提升發電效率重點在提高蒸氣溫度，而蒸氣溫度又受限於材料科學。但材料科學的進展可不像電子產品，而是要以10年計；此外電廠投資都是數百億元，建成後要運轉3、50年，可不像手機年年換新。

試問奇異在伊梅特主政10年，其發電設備效率有否「突飛猛進」？擔任奇異公司董事長並不表示懂得公司各事業群全部業務。

奇異公司另一產品為風力發電機，伊梅特對此一事業倒是情有獨鍾，大力鼓吹綠能，十分合歐巴馬總統胃口，歐巴馬邀請他擔任白宮科技顧問。但伊梅特這種獨鍾綠能的偏好，也為有識者所訕笑。華爾街日報就很不客氣的對此有強烈批評，並指出在伊梅特睹指揮之下使奇異股價在其上任後跌了50%。

伊梅特對能源事業不是很了解，在全球目前有數十部核能機組正在興建中的現實下，他對核能的發言，大家抱著聽聽就好的態度即可，實在不必過於認真。

資料來源：

1.http://taiwanenergy.blogspot.tw/2012/12/blog-post.html

2.http://taiwanenergy.blogspot.tw/2013/01/blog-post_29.html

中國核電發展超「紅火」

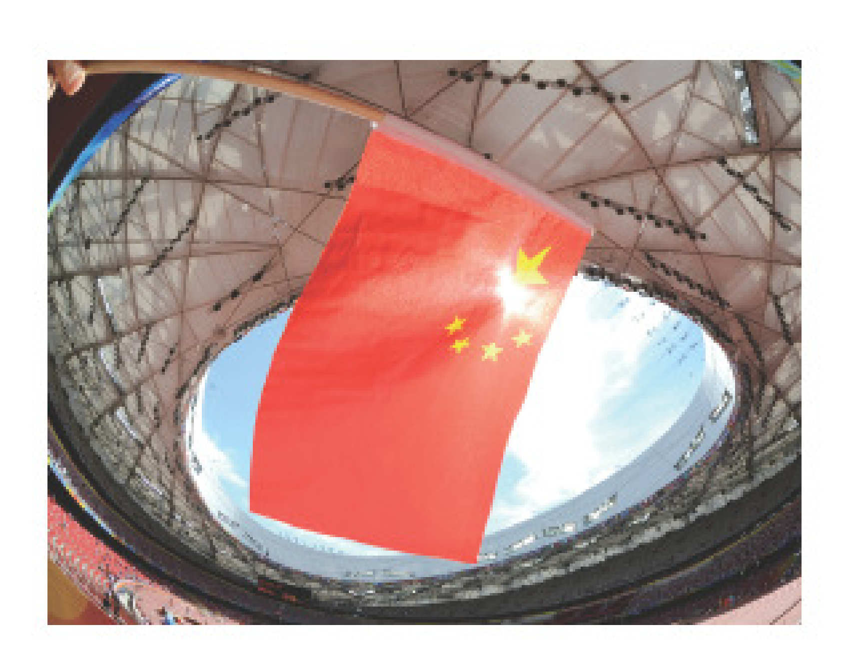
文・編輯室

台灣近日為核四工程是否停建、續建，朝野不約而同都祭出全民公投的手段，希望為未來的核能發展路線找出方向。我們舉目四望，看看鄰近國家對核能發展的態度與方向。

為了因應經濟發展帶來的電力需求的成長，亞洲在今後20年內預計將增加約100座核電機組。主要是中國、印度和韓國，占新建計畫的9成。似乎只有台灣抱著立即廢核的理想不放。

2013年發電裝機規模將躍居世界第一

而近在眼前的對岸，據了解，中國在2020年前將新建56座機組，發電能力將達到8,000萬瓩，增至目前的9倍。在總發電量中，核電所占的比例將從目前的1%提高至10%。



中國電力企業聯合會2月28日發布《2013年全國電力供需形勢分析預測報告》，預計2013年底全國發電裝機12.3億瓩，發電裝機規模有望躍居世界第一，其中水力2.8億瓩、火力8.6億瓩、核電1,478萬瓩、併網風電7,500萬瓩、併網太陽能600萬瓩。報告認為，2013年中國經濟將繼續趨穩回升，帶動用電需求也加速回升。

為擺脫「世界最大排碳國」惡名　積極發展核電

中國加速推動新核電廠的建設，外界咸信是為減少目前煤電為主所帶來的環境汙染。一份由荷蘭環境評估機構發布的報告宣稱，中國在2006年溫室氣體排放已經超過美國4億噸。不過，中國外交部否認了這個說法，認為該結論沒有根據，同時表示中國正在積極參與全球溫室氣體的減排行動。

近幾年來，中國推動節能減排的力度日益增大，並加快進行能源結構的調整，其中包括積極發展核電。國家環保總局核安全管理司副司長王中堂表示：「作為清潔、安全、經濟的能源，核電發展是中國未來一段時期的必然選擇。」王中堂認

為，積極發展核電，既有助於保障能源安全、優化能源結構，也能幫助中國應對當前面臨的溫室氣體排放壓力。

「各種研究顯示，中國將很快成為最大的二氧化碳排放國。」近日在北京召開的「鈾監護和可持續發展國際研討會」上，聯合國開發計畫署能源環境部經理何平認為，這將為中國在全球氣候變化談判中帶來巨大壓力。

中國可持續發展工商理事會副秘書長翟齊則表示，中國非常重視核能的綠色效應，但與法國、美國等核電發展水平較高的國家相比，中國的核電發展還處在起步階段。

中國躋身全球核能夥伴計畫之列

全球核能伙伴會議於2012年9月16日在奧地利維也納召開，本次會議目的在推進國際社會在核能發電方面的合作，並努力防止核武擴散。包括中、美、俄、法、日等16個國家，就如何開發核能等問題展開了具體協商，16個國家的部長簽署並發表了全球核能夥伴原則聲明。

所謂全球核能夥伴計畫，就是由擁有核技術的國家為準備引進核技術的發展中國家，提供鈾燃料並負責進行後期處理，目的在於防止核子物質的擴散（成為核武原料）。該計畫最先由美國提出，目前中國、法國和俄羅斯等國都參與其中。

關鍵設備已國產化 保障核電可持續發展

核電的相關零組件國產化、在地化，一直是中國政府在發展核電過程中的重點目標。由中國核工業集團公司研製的鈾濃縮離心機，最近在中國蘭州達成工業化應



▲ 正在建設中的三門核電站

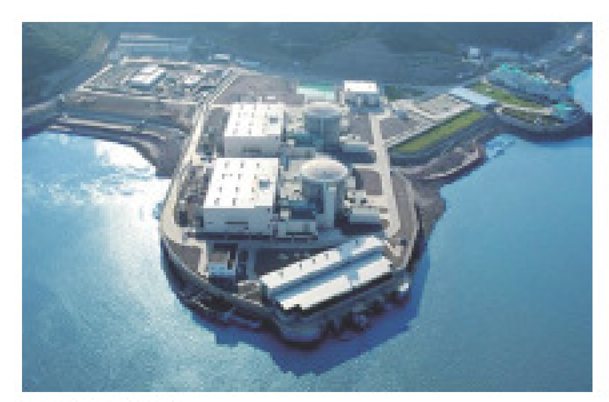
用的目標。根據《人民日報》2月26日報導指稱，這代表中國已掌握離心法鈾濃縮技術，對保障中國核電可持續發展有著重大戰略意義。

鈾濃縮離心機技術是核燃料生產的關鍵技術。國際上從事離心機研製的國家有俄羅斯、德國、荷蘭、英國、美國、日本、巴西等10多個國家，真正實現工業化生產的有Urenco德荷英合資公司和俄羅斯Rosatom公司。

另根據《第一財經日報》報導，中國國家核電技術公司指出，大陸第三代核電AP1000包括主管道、壓力容器、蒸汽發生器、穩壓器等關鍵設備都已國產化，鋼製安全殼技術也全面掌握，主泵、爆破閥國產化更取得重大突破，可以滿足工程需要。同時結合重大專案研發，正推動三大核電關鍵設備從國產化邁向自主化。這項宣示除了確保大陸三門電廠1號機組於2014年10月、海陽電廠1號機組於2014年12月順利併聯發電，同時預告著大陸三代核電設備製造商正在累積向海外進軍的動能。

日本提出「中國核洩漏」假設

日前在北京會見土耳其能源與自然資


▲ 秦山核電站

源部代表團時，環境保護部副部長李幹傑信心滿滿的介紹說，中國核電發展30年，截至目前，中國已有商業運行核電機組15台，興建中核電機組30台，持續保持著良好的安全運行記錄。

不過，根據日本《產經新聞》2月25日引述無法證實的數據指稱：「中國每座核電廠平均發生事故的機率約是日本的5倍。」報導稱，最近中國北方每次出現霧霾天氣，空氣中的有害物質PM2.5就會隨著西風飄散到日本，「由此可以想見，如果中國發生核洩漏，放射物質也會順路飄到日本。」

《產經新聞》稱，這是日本政府首次假設外國發生核事故，檢討日本的應對措施。日本原子力管制委員會認為，之所以會以中國為假設對象，是因為「中國近期不斷增建核電廠，若發生事故，將對日本產生重大影響」，今後還將與更多國家核能部門合作，檢討防止核洩漏及擴散的措施。報導稱，日本科學技術交流協會、核能產業協會的調查資料表明，目前中國共有16座核電廠，另有29座正在建設中。還有計畫表明，到2020年，中國的核電廠還將增加50座。

《產經新聞》稱，根據日中協會從中國得到的資料，2005年的紀錄表明，中國一座核電廠的事故為2.6件，日本只有0.3件，2007年中國為2.1件，日本0.4件。文章稱，由於經濟發展優先的政策，中國發現核電廠出現問題時，採取的是不停爐維修方式，即邊運轉邊維修。而日本發生核電廠事故時則會立即停止運轉確認是否安全。報導中還指出，日本今後將製作「中國的放射性物質將以怎樣的方式向日本擴散」的仿真模擬圖。

參考資料：
1.核電之窗，2013/2/27，http://np.chinapower.com.cn/newsarticle/1031/new1031333.asp
2.北極星電力網新聞中心，2013/3/1，http://news.bjx.com.cn/html/20130301/420121.shtml
3.新浪北京，2013/02/26，《環保部：核電發展30年保持良好安全運行紀錄》
4.和訊網，2013/02/26，http://news.hexun.com/2013-02-26/151467568.html
5.環球時報，2013/02/26，《日本提出中國核泄漏假設》
6.北極星電力網新聞中心 2013/02/25，http://news.bjx.com.cn/html/20130225/419252.shtml
7.核電之窗 2013年2月24日，http://np.chinapower.com.cn/newsarticle/1031/new1031287.asp
8.國際線上2013/02/26，http://big5.chinabroadcast.cn/gate/big5/gb.cri.cn/27824/2013/02/26/5951s4030609.htm
9.中時電子報2013/03/07，《陸三代核電全球叩關搶商機》

2012深耕輻射與核電知識 訪日交流心得

文・林容（曉明女中一年級）

福島事件發生過後，爸爸就找了不少相關的影片讓我了解時事、充實知識。核電的議題，我是越看越有興趣，尤其是車諾比事件的相關紀錄片，讓我想更深入了解核電的運作。幾個月後，國三英文會話課的老師要我們討論一項爭議性議題，並寫成文章，當時我對福島的事件以及相關影片還記憶猶新，就選擇了核電的議題來寫。寫這篇文章時，我選擇了反核的立場來書寫，舉出了一些我擔心的問題，但資料的來源還是只有網路。其中包括一些核電的缺點、核廢料的儲存以及核電的安全性。當時因為不了解，對其中很多的過程都是充滿不確定與懷疑。

實地參訪核三廠　疑慮得以解惑

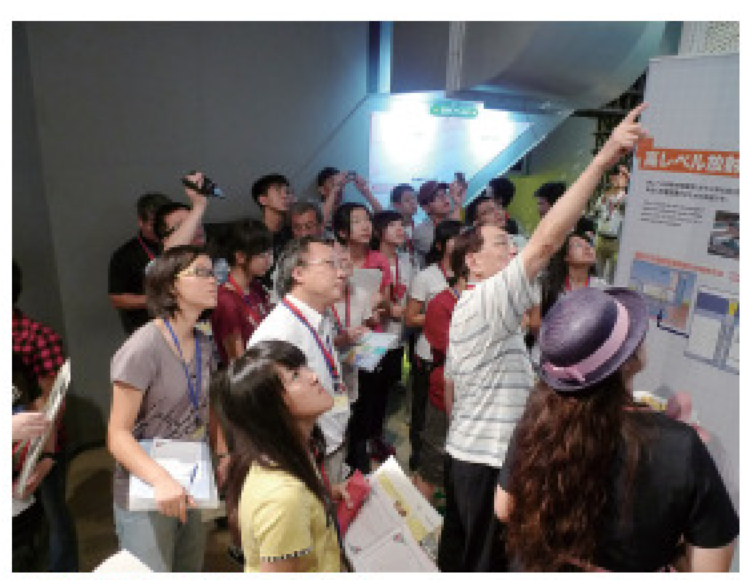
後來國科會撥款由原能會與清大教授籌畫了2012輻射與核電深耕的科學營，當時知道能夠到日本或韓國實際參訪核電廠，就決定要參加，去更深入的了解核電，豐富我升高一暑假的生活。6月份，我們到台電的南部展示館參加兩天一夜的行前講座。其中包括李敏教授、戴明鳳教授建立我們對核電以及輻射的基本知識，還有台電的工作人員為我們解說更實際的操作、運轉。更有行程安排讓我們進入核三廠，隔著透明的玻璃窗看裡面的廠房，雖然無法見到真的核子反應爐，但能看到渦輪發電機，也是非常難得的經驗。

在活動的過程中，我請教教授幾個令我疑惑的問題。其中一個就是海水溫度因為極熱的天氣上升，對核電廠冷卻系統所造成的影響。經過教授的解釋，就是引進更多海水來帶走機組產生的熱量。在我後來查的資料中也發現，台灣的核能管制處對於排出的海水溫度有明確的限制，不得超過42度C，如果真的超過規定溫度，各核電廠會視需要降載運轉。核三廠排放溫水對珊瑚、漁產的影響，我也藉由實地參訪獲得了解答--排水口處的生態，都有被嚴密監控著，核電廠甚至用溫水來養殖魚蝦，再放流入海中。

另外，教授們也幫我們澄清了一些對於輻射的誤解，輻射造成的問題是和量有關。如我在科普叢書中曾讀過的，依照毒物學家的說法：「會出問題的只有劑量。」在我們恐慌於核電廠可能產生多餘輻射之前，應該要先去了解日常生活中吸收輻射的管道與劑量，曬太陽、坐飛機，甚至吃香蕉、參加演唱會都會增加自己輻射的吸收劑量。而核電廠經過嚴密監控的輻射劑量，根本不足以造成危害。有許多我們



▲在福島高校簡報：核能是最好的選項嗎？



▲在六所村展示館內聆聽導覽講解

對於核能的錯誤認知，都是因為媒體沒有深入了解就大肆宣傳而造成的，我們應該要多聽聽真正了解核工的學者對這些事情的專業看法。

核能是最好的選項嗎？

在出發前往日本之前，我們要做一份有關核能的英文報告，離開台灣前要先在大家面前發表，有可能可以在和福島高校交流的會場中報告。經過我們一同要前往的5個人的討論，我們的主題訂為「Nuclear, the best choice?」

隨著人口的增加，人類對於能源的需求也越來越大，只靠傳統的火力發電是沒有辦法應付的，除了因為石油、煤、天然氣等化石燃料產量即將枯竭之外，火力發電排放大量二氧化碳所造成的環境影響也是非同小可。我們必須發展其他的替代能源來供應我們龐大的用電量，而有些專家們認為核能會是解決全球暖化的好辦法，但我們還是擔心輻射、核災等潛在的危險。

我們在報告中介紹台灣的核能，並將核能、火力、太陽能、風力、水力等5種能源作一些比較。台灣現在主要的發電來源還是火力發電，超過70%的發電量都來自於燃燒石油、煤、天然氣，而核能僅占約17%。台灣是個自產能源缺乏的國家，超過99%的能源都要依賴國外進口，容易受到國際市場價格的波動影響。

根據2008年台電公司對於各種發電方式每度電的發電成本計算，燃煤的火力發電約為1.87元，水力發電約為1.34元，太陽光電約為12.97元，風力發電約為3.22元，使用天然氣的火力發電更是高達3.54元。反觀核能，每發一度電只需要0.62元，其中已經包含了電廠投資、操作運維、燃料、除役等費用。

福島事件發生前，台電曾提案申請讓核一廠延役到民國128年，事件發生過

後，相關議案已被撤回，預定核一廠將於民國108年正式除役。至於核二廠，預定在112年除役，核三廠則將在114年停機。屆時，台灣將只剩下一間核電廠，也就是目前尚未運轉的核四廠。如果不再繼續發展核能的話，要面對的就是發電成本。台電指出，如果以排碳量較低的天然氣代替核能發電，電價肯定會跟著發電成本增加而上漲。核能所需要的燃料量不大，就能產生巨大的電力，發電的成本當然少很多。

在日本六所村核子園區　看到核廢料妥善處理

而發展核電最令人擔憂的就是核廢料的處理和安全性的問題。在這次參訪日本的行程中，我們有幸能夠進入世界上數一數二的用過核燃料再處理工廠，位於青森縣的六所村。核燃料經過核能發電使用之後，只使用了3%的鈾，剩下的97%都可以回收再利用。燃料棒內會產生一種不存在於自然界，名為鈽的化學物質。鈽的危險性雖然比鈾更高，但也能經由核分裂過程產生巨大能量。從用過核燃料內萃取鈽的過程即稱為再處理。最近日本已經突破技術瓶頸，製造MOX鈾鈽混合燃料的再處理工廠終於可以順利運作。

六所村除了處理這些用過燃料棒之外，也有儲存的場地。我們親自到了高放射性核廢料的儲存場，但只能站在外頭隔著玻璃觀看，真正的不鏽鋼儲存桶埋在地底下，表面只能看到一個一個用黃色蓋子蓋起來的洞。整個儲存場地並沒有很大，大約是一個禮堂的大小。日本處在地震帶上，所以儲存場也有防震的設計，可以耐到震度6的地震。而因為附近有美國的空軍基地，為了避免空軍演習時飛機或其他東西意外掉落到再處理工廠或儲存場上造成重大危害，每一棟建築的天花板都是厚達1.2公尺的鋼筋水泥，柱子也都特別粗。在這裡儲存、冷卻50年後，還要移到最終處置場地，但是目前日本還沒有找到合適的地質作為最終處置場地。

另外我們也參觀了低放射性核廢料的處置處，核電廠中使用的手套、衣服等等會燃燒成灰，再拌和水泥填入黃色的桶子內，而螺絲釘等金屬廢物，也會被填充進儲存桶內。在六所村，兩種廢物是分開存放的。一桶一桶的核廢料會被疊好，填入水泥，再填土掩埋。我們目前看到的是還沒有完成封存的處理場，根據六所村的介紹人員所說，未來填完土之後，還會植上草坪，儲存場就會變成一片草地，而底下的放射性物質半衰期也都不長，在層層嚴密的保護下根本不可能放出輻射危害生物。

憂心台灣核廢料最終處置與選址

參觀完了日本對於高低放射性核廢料的處置，就會讓我聯想到，那台灣呢？我們目前用過的燃料棒還是只能儲存在核電廠內的冷卻池內，核一廠和核二廠的冷卻池再不久就要滿了。因為燃料棒內還有可以用於核子武器的鈽元素，所以美國有嚴格的限制，我們無法任意改變用過燃料棒的儲存形式。但我們不能眼睜睜的看著核電廠的冷卻池漸漸被填滿，應該要積極的去和美國商議，解除限制。雖然台灣沒有能力像日本一樣建造再處理工廠，但我們能和外國簽訂合約，將我們的用過燃料棒送往外國處理。這些辦法都涉及國際事務，需要政府積極的去處理。不管是擁核

還是反核，不管未來我們還有沒有要再繼續發展核能，這些已經用過的燃料棒都需要妥善處理，希望政府的官員也能有這層認知，趕快往這方面努力。

低放射性核廢料的儲存，台灣的處理方式經過不斷革新之後，每年產生的桶數是全世界數一數二的少，但是低放射性的核廢料目前是放在蘭嶼，而且桶與桶之間沒有填充水泥，因為蘭嶼還不是低階核廢料的最終處置場，台灣是計畫要再將這些低放射性核廢料的桶子移到未來規畫好的場地。可是目前預訂了兩個潛在場址，台東的達仁鄉和金門的烏坵鄉，就引發了民眾強烈的撻伐，沒有人希望核廢料儲存在自己的生活周遭，人們一聽到放射性廢棄物這幾個字就會堅決地搖頭。

政府並不是欺負偏鄉的人民、漠視他們的權益，但低放射性廢棄物的最終處置場就是規定要設在人口較少的地方。想想看，如果設在交通繁忙的都會地區，在運送過程中發生事故的可能性肯定會大大提高。但是我覺得目前很多人對核廢料都已經不是用理性的眼光看待，沒有真正了解核廢料是什麼、處置場又會有什麼安全性的設計。政府要更努力的去教育民眾這方面的知識，好好跟當地民眾溝通，而媒體也不要隨便報導一些沒有根據的新聞。

根據這次台東女中的問卷調查，大部分的學生和家長都是透過電視獲得與核電相關的議題，而在短短一兩分鐘的新聞報導內，記者會花多少時間確保資料的真實性，又能夠多深入的探討一項議題？而老師們比較會利用網路主動去查詢相關資訊，但是網站一搜尋，看到的是每個人自己的想法，許多反核的文章，都沒有明確的資料來源與科學根據，這樣的文章更會誤導我們對核電的看法。

身為學生的我們，對於核工這方面沒有深入的研究，要分辨事實與謠言真的是一件很困難的事，還是要仰賴這樣的科學性活動，與相關科系的教授對談後才能有比較正確的認知。然而並不是所有民眾都有這樣的機會，所以在資訊發達的現在，許多道聽塗說反而混淆了我們視聽。大家應該要建立起一個重要的觀念：不了解的事情不要亂說。如果每個人在發表意見時都能有這層認知，許多錯誤的觀念也就不會深植我們的心中了。

台灣不可能發生車諾比這類核災

核能發電另外一個令人擔心的原因就是它的安全性，雖然核災發生的可能性很小，人們還是會擔心這種潛在的危險。尤其是1986年在蘇聯烏克蘭境內發生的車諾比事件，更是讓人對核電廠心生恐懼。但是經過較深入的了解之後，才知道原來車諾比所使用的是壓力管式石墨慢化沸水反應爐，當時核工界的科學家就知道這種設計不安全，甚至連蘇聯自己研究所內的科學家也知道有巨大的安全缺陷，但蘇聯還是堅持使用。在蘇聯境外，只有美國有一組相似的機組，而且也在事故發生之後立即關閉了。

現今核能發電普遍使用的是輕水反應爐，核工專家表示，這種類型的反應爐是不可能發生類似事故的。所以擔心台灣核電廠的反應爐會因為意外爆炸造成如車諾比般的嚴重災情，實在是無稽之談，這是我們因為沒有正確的觀念而造成的誤解。

我們這一次也拜訪了女川發電廠，這裡比福島更靠近311震央，侵襲的海嘯也是差不多高度，但是女川發電廠並沒有

受到太大的損傷，3部反應爐也都順利停機。究竟是什麼原因，讓兩座電廠的命運完全不同？福島第一核電廠建在海拔10公尺的基地上，遭到13公尺高的海嘯入侵及破壞。另外，福島第一核電廠因地震造成反應爐機組喪失外部供應的電源，而原本可啟動的13台緊急用柴油發電機卻遭海嘯淹沒，因此陷於完全斷電、冷卻系統組件停擺的情況。

更接近震央的女川核電廠，為何可以安然無恙？

東北電力公司在建女川電廠時，就考慮到西元869年的「貞觀海嘯」、1611年的「慶長三陸地震海嘯」、1896年的「明治三陸地震海嘯」以及1933年的「昭和三陸地震海嘯」等歷史紀錄，作了詳細而深入的調查，最後決定將女川電廠建在海拔14.8公尺的基地上。雖然在地震的過程中，地層下陷了1公尺，電廠的海拔高度變成13.8公尺，但這次侵襲的海嘯大約為13公尺，所以女川發電廠還是逃過一劫。

地震後的女川電廠，由於地震太大導致外部電源的5組饋線中有4組斷電，其他1組可正常供電。有了1組饋線的供電已足夠供給核電廠所有操作所需的電力，3月17日至26日間，其他四組饋線的供電也陸續恢復正常。女川電廠的緊急用電源在地震後能正常供電，由於其他的柴油發電機供出的電力互相可以融通使用，因此廠內的電源能夠十分的確保。1-3號機的情形分別為「停止運轉」、「冷卻」和「關閉」，均能依原來的設定正常操作。

海嘯發生過後，女川核電廠現在又加高保護電廠的海堤，由13.8公尺再增加3公尺，全長600公尺的防波堤，土壤中混



▲大家很好奇女川電廠為何可以在強震海嘯之中屹立無損？

含水泥作成堅固的土牆。如果17公尺以上的海嘯侵襲防波堤，海水滿溢過來的話，防波堤還有設置單向水閥，能將淹進電廠的海水趕快排出，不會積在海堤內、泡壞機組。

另外，核電防災對策最受注目的就是如何確保緊急用電源。大地震過後，女川電廠再配備4部新的專用高壓電源車，就是考慮所有的狀況，充分準備電源，以防萬一。東北電力公司的輸配電線若因線路故障而停電時，這種電源車可作緊急應變的用途，每一部電源車可發電400kVA，至少可供應注水幫浦的電力需求。為應付外部電源的突然中斷，電廠本來就備有緊急用的柴油發電機，不管會不會受到海嘯侵襲，應該在高海拔地區備有柴油發電機。而福島的緊急柴油發電機設在地底下（美國核電廠原始設計將緊急柴油發電機置於地面層以下，目的是為了防範龍捲風損壞設備），海嘯來襲時當然因海水浸入

造成故障。

目前女川電廠在地勢較高的地區再設置大容量的氣冷式電源裝置。目前建築物內設置的緊急發電機，在較高的地點亦備有同樣的電源設備。建築物外儲備柴油發電機用燃料9萬公升，為了預防地震，燃油槽則設置在地下。

台灣的安全對策可避免福島事故

台灣在這方面原本就做得不錯，緊急電源和水源都比福島第一核電廠還要充足。緊急柴油發電機不是埋在地下，是設在地面層，和核電廠反應爐的廠房相同，高程至少有12公尺。而爐心冷卻用的緊急海水泵有鋼筋混凝土建築保護，不像福島的海水泵是裸露的。另外在高處還設有生水池，存水3.7到10.7萬噸，是由重力原理注入反應爐，意外發生時，即使所有供應電力的機組都損壞，還是能藉由最簡單的地心引力將水引入反應爐有效降溫，這是日本沒有的設備。

台灣雖然不像日本，發生海嘯的可能性比較低，我們的核電廠防海嘯高度是12-15公尺，比起福島第一核電廠的5.7公尺還要高出許多。在日本發生福島事件之後，台灣也對自己國內的核電廠做了很多檢查，強化抗地震、防海嘯的能力，並裝設更多設備強化安全與應變系統。

台電表示，已創建「斷然處置程序」，只要核電廠發生喪失反應爐補水能力、喪失全部電源、或強震急停並發布海嘯警報等任何一種狀況時，核電廠便立即進入斷然處置程序。台電指出，一旦進入斷然處置程序，核電廠內包括廠用水系統注水、生水池重力注水、以及在海嘯之後準備消防車抽引鄰近的溪水或海水注入，就會在最短時間完成準備，由現場指揮官審度情況，必要時立即下令注水，務必維持反應爐核燃料被水覆蓋，避免爐心熔毀及輻射外洩的最壞情況，即使注入的水源可能造成反應爐無法再使用，也在所不惜。

台電專業總工程師李鴻洲說：「不惜讓我們這個廠毀掉，我們也不要讓爐心熔毀，不要讓最壞的情況，就是說輻射外洩的情況發生，這是我們台電提出的斷然處置的措施。」了解到這些之後，我發現台灣的這些設計真的安全很多，也為很多可能出狀況的環節設想好替代方案。

我們應該要對自己核電廠有信心

台灣的人民，應該要對我們自己的核電廠多一點信心。當然有了所有這些安全、應變設施，並不表示可以高枕無憂，我們不可能將核災的可能性降為零，只能努力的將可能性越降越低。這要投入大量的心力，靠持續的革新、仔細的思量，才能不斷提高我們核電廠面對災難的抵抗及應變能力。我再一次覺得可惜，關於台灣核電廠這些優於福島第一核電廠的設計，都沒有廣泛的宣傳給民眾，讓人誤以為我們的電廠設計也是類似的，遇到類似311地震和海嘯這種複合式災難時也無力招架。福島核災過後，核電安全成為全世界大家都憂心的問題，這時候應該要好好解釋我們自己3座核電廠的設計，讓人民稍微安心一些。

沒有絕對安全的發電方式

經過媒體大肆的宣傳，台灣民眾都在擔心國內核電廠對我們生活的影響，甚至發生災變的可能，但是其他種類的能源就沒有類似的問題嗎？這也是我們本次做報


▲曉明女中為福島高校的簡報而努力準備

告時關注的重點之一。

火力發電，是我們研究5種發電方式中，對環境危害最大的一種。火力發電廠，除了大量排放二氧化碳、二氧化硫、氮氧化合物等嚴重破壞環境的物質，也引發了很多意外災難。燃煤發電，需要大量的煤礦，而採礦的過程也充滿了風險。

2010年智利礦場坍塌的事件，造成33名礦工受困在地底下超過兩個月，最後成功的全部獲救，因此獲得國際媒體廣泛的報導。雖然這一次意外在搜救專家的努力下無人喪生，當時在我心中就留下深刻的印象，也為煤礦場的安全打上一個問號。這次為了報告而去蒐集資料時，發現中國每年都有好幾起礦坑意外，死傷從數十人到一百多人不等。但是這些資料都很少，只有來自中國媒體的報導，無法再作進一步的研究。煤礦，是全球很多國家（包括台灣）主要的發電來源，但採煤的傷亡就要由礦區的這些工人來承擔。

燃油發電，需要大量的石油，而運送過程中也會因意外造成人員傷亡或環境汙染。燃氣發電，需要大量的天然氣，為了運送天然氣，就要架設大型的輸送管線。歷年來也發生了不少管線爆炸的意外，不管是因為管線老舊無法承受強大流動壓力、遭到襲擊，或是其他因素，造成人員傷亡，甚至引起大火災。由這些意外，可以看到，火力發電造成的災害可能只是沒有如核災一樣被大肆報導，並不代表它就



▲與女川電廠廠長合影

比較安全。

在作報告的過程中，我讀到兩篇有趣的研究，是在計算各種發電方式所造成的死傷人數，分別來自美國華盛頓大學機械工程學系的教授，以及另一位研究能源的博士，兩人的報告都顯示出核能發電所造成的死傷人數遠少其他能源，例如火力發電因為空氣汙染、水力發電因為水壩崩塌等原因死亡的人數。這些研究顯示，其他能源也不如我們想像中的那麼安全沒有問題。

核能應該納入發電選項之一

核能其實是一個選項，面臨越來越緊迫的能源問題，我們要在這些能源中作選擇、作取捨。火力發電造成了嚴重的污染，影響生態、氣候。而其他如水力、風力、太陽能等再生能源，目前為止都無法取代火力發電或核能。有些再生能源成本太高，無法有效的發電，而有些則是有地理條件的要求，開發有諸多限制尚未突破。核能發電，是非常有效率的發電方式，發電成本遠低於其他能源，而其排放的二氧化碳量又少。

我查過不同單位對於各種能源的二氧化碳排放量估計，大家的數據都有所差異，但是核能都比火力、甚至是太陽能的碳排還要少很多。發電成本的計算也是類似，核能遠低於其他能源。核能兼顧了經濟與二氧化碳排放少的這兩項優點。但是對於高低放射性廢棄物的處置，還有一些問題尚待解決。面對災害的安全及應變系

統，也還需要不斷的研究與進步。

在日本與福島高校生進行交流時，幾位當地的學生發表意見時也沒有一味的反對核能發電，而是認為有許多地方還需要改進。能源的這道選擇題，還需要很多思考、討論，我們應該要建立更多理性的討論空間，不只在學術界，在國中、高中、大學，學校也要營造這種開放討論的環境、鼓勵學生關注這些時事議題、培養學生討論問題的能力。

媒體報導過於偏頗　誤導民眾

台灣的媒體應該要跟政府、學術界合作，將正確的訊息傳達給民眾。而不是重複相同的訊息、誇大事實或流於報導表面的事物。例如在福島事件發生後，大家擔心台灣也可能發生類似的核災時，就能將台灣核電廠一些優於福島的設施介紹給人民知道，讓我們能及時獲得正確的資訊，建立正確的觀念。政府和民眾雙邊都有改進的空間，人民應該要提升自己的素質，面對一個事件時，不要還未了解就擅自下定論，應該要多讀一些資料，再決定自己的立場。思考問題時，需要的是理性的用判斷力面對資料，而不是主觀的認定因為喜歡或不喜歡就支持或反對。而政府和學術界就要扮演知識的供應者，積極的將手頭上的資料分享給民眾，並不是要洗腦，而是供給訊息，讓我們自己做出判斷。如果沒有這些正確的資料，我們也無法作出合理的推斷，當然就會加入很多揣測與誤解。

收穫滿滿的核電參訪之旅

如果不是參加了這次的研習活動，我對於核能發電、台灣的核電廠，都是充滿了疑問與不確定的，看到許多日本核災的報導，甚至上網看到相關資料，當然會對核能產生恐懼感。但是經過這些教授、工作人員的解說、實地的參訪活動，對於核電就有更深的認識，以前一些不正確的觀念就會修正。所以這次的活動真的是個寶貴的學習經驗，有機會進入到與核能發電相關的機構參觀，與福島高校的學生進行交流。這6天的行程，真的讓我收穫滿滿，充實有關核能的知識，要感謝有這樣的經費、以及辛苦的教授為我們籌辦這次的海外研習。我本來就對核能發電這個方面很有興趣，希望未來還能有類似的活動，拓展我們的視野，並解決我對於核電還有許許多多的疑問。越學習，才越知道自己的不足，想要再更努力！

參考資料：
台灣立報：當核燃料與我們同在一起—六所村核燃基地的故事
http://www.lihpao.com/?action-viewnews-itemid-102866
核能簡訊NO.135（2012年4月）、NO.136（2012年6月）
國科會國際科技合作簡訊網http://stn.nsc.gov.tw/view_detail.asp?doc_uid=100042201
行政院原子能委員會
http://www.aec.gov.tw/
維基百科
中華民國核能學會

人類健康需要多嚴的輻射劑量規範？

文・林基興



朱鐵吉與江仁台兩位先進，在貴刊2012年12月號與大家分享大陸、印度、台灣等地「低輻射劑量」的健康效應知識，這在當前非常重要。因為日本福島核能輻射弄得國人恐慌不已，若無法打通此「任督二脈」，則各式安撫均事倍功半。目前的關鍵在輻射安全規範到底要怎樣才恰當？筆者提出法國國家科學院等觀點，細節請參閱筆者翻譯牛津大學前物理教授貝里森（Wade Allison）的書《正確的輻射觀--請聽專家解析輻射恐慌》。

萬物劑量多寡即成毒物或療劑之分

瑞士醫生與植物學家（1493-1541）帕拉賽瑟斯（Paracelsus）的名言「萬物均有毒，關鍵在劑量；其多寡即成毒物或療劑之分」，仍為現今毒物學的中心思維；我們據此檢視低輻射劑量的健康效應。根據的是日本廣島與長崎原爆倖存者的醫學紀錄、前蘇聯車諾比事故、醫療放射科醫師等參與輻射物質者的健康紀錄，以及夜光塗料者健康資料等。

首先，人失血後會引起怎樣的風險？成人體內血液量約5公升，若一次失去這麼多血，就會致命。但每損失0.5公升後，可在幾週內補足，而無風險。而經歷低輻射劑量

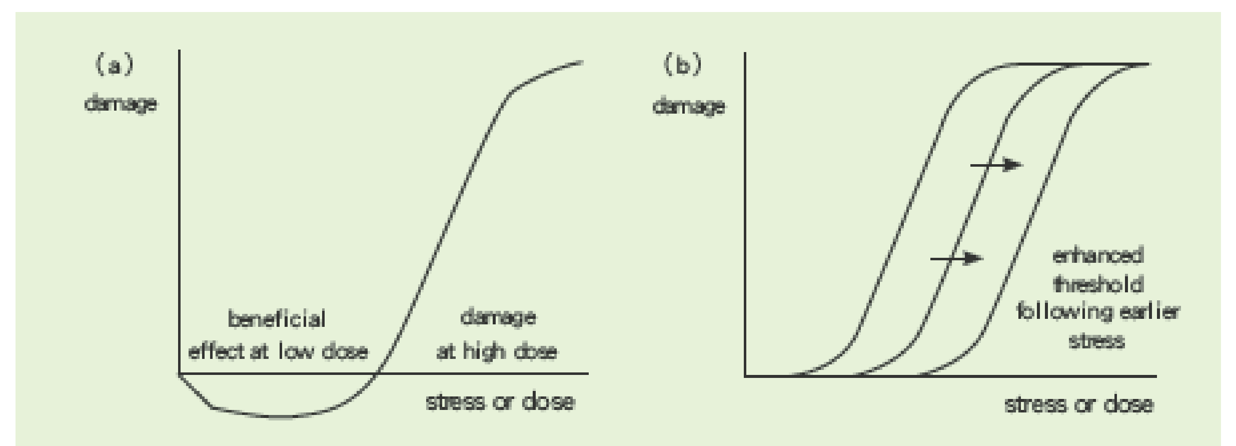


圖1：損傷依劑量而定的圖（a）在低劑量時呈現有益的效應；（b）因為之前受過各劑量的關係，閾值會增加，表示劑量反應為適應的。

則可讓人體發展出容忍高輻射劑量的能力，此非凡現象首度在1796年由英國醫師金納（Edward Jenner）發現，注射溫和劑量的疾病（牛痘），就可大大增進防護更劇烈劑量的疾病（天花），此為免疫學重要觀念，如圖1。

目前爭議在於輻射劑量效應是「線性無閾值」（不論多少劑量就是傷人）或「非線性（s形）」？

「線性無閾值」正確嗎？

關於非線性的主張，最有力的證據來自百年癌症放射治療的臨床經驗。分次治療或部分治療之間，健康組織的DNA有時間可修補，其修補時間依組織和年齡而定，約為幾小時。至於腫瘤，因其劑量更高，每次照射就會有更大的細胞死亡機會。因此，周遭健康細胞於分次照射的空檔時間會修補回復，而腫瘤細胞會逐漸損耗。更微妙的是，治療過程中，「細胞凋亡」會清除腫瘤內的細胞殘骸，而其內的氧氣濃度開始回復，這就導致下一分次治療時，腫瘤的氧化生物損傷。若沒劑量回應曲線的非線性關係，放射治療效果就不佳。

放射治療的輻射劑量高，可預期的是，除了治療目標癌症外，輻射本身有時會導致新的疾病。一些令人信服的證據來自，比較婦女治療右乳和治療左乳時其心臟病發生率［註1］。在1970年代和1980年代時，由於瞄準技術不佳，治療左乳比治療右乳時，心臟所受的劑量更大。調整兩組婦女的外來干擾因素（諸如貧富、飲食、抽菸）為相同，在20,871位婦女中，治療乳房後15年或更多年後，調查心臟病死亡的人數，分類的依據是她們是否有過放射治療？癌症發生在左乳或右乳？結果顯示，比較左乳受到放射治療和右乳受到放射治療，心臟病死亡率比值為1.25。心臟受到的劑量未詳，但可能每天1,000毫西弗的範圍。因為急性劑量1,000毫西弗會增加心臟病10%，輻射傷害而後來會導致疾病的整合時間約為一兩天。上述的時間不是很精確，但相當重要。因為我們由此可知，損傷導致疾病和損傷導致細胞死亡，兩者的修補時間大致上在同一範圍。可知潛在癌逐漸形成而無修補，並不正確。

圖1顯示不同強度的急性輻射劑量導致

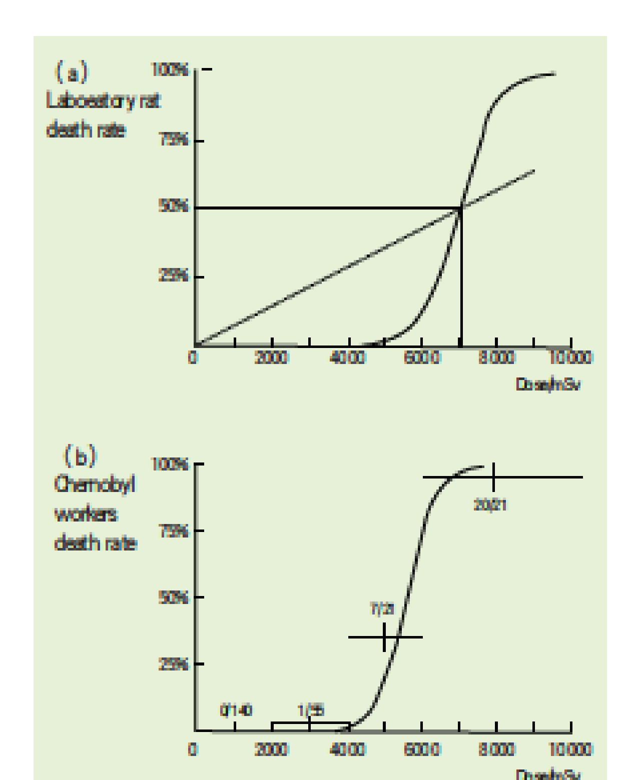


圖2：（a）不同輻射劑量時，實驗室老鼠的實際死亡率（實線）、相較於線性無閾值的死亡率（虛線）。垂直與水平虛線是為幫助閱讀。（b）四個劑量帶的車諾比工作人員死亡率、相較於（a）中老鼠的死亡率（但稍低劑量）。

的死亡資料。老鼠全身受到單次x光射線劑量時，呈現的情況如圖2（a）[註2]。該曲線就是我們預期的非線性s形。劑量約7,000毫西弗時，足以導致半數老鼠死亡；但在3,500毫西弗時，死亡數低於1%。若線性無閾值假說成立，則其描述曲線將為粗虛線，在3,500毫西弗時，老鼠死亡數25%。

車諾比與廣島長崎的經驗

在車諾比事故中，有237位工人在初期救火時，曝露於強烈輻射中。其中，有28位於事後幾週死於急性輻射病症。這些工人的死亡顯示於圖2（b）十字所示4個帶狀區。每個十字的寬度表示該帶狀區的劑量範圍，垂直高度代表量度死亡數的統計不確定性（因為工人數量不多）。因此，在最高帶狀區，21人中有20人死亡。次高區，21人中有7人死亡。在第三高區，55人中有1人死亡。在最低區，全部140人均存活。同時也可看到上述的s形曲線，在5,500毫西弗（而非7,000毫西弗）半數人存活。考慮十字大小的不確定性，車諾比實況與此曲線相當吻合，當然「以人做的實驗」，不能像老鼠般用許多樣本而精確地重複。即使如此，結論很清楚：在高劑量下，人的劑量與死亡數曲線不是由線性無閾值模式描述，而是遵循非線性s形。

由1950到2000年間，廣島與長崎倖存者（測量得輻射劑量）罹患實體癌的死亡數[註3]，可知急性劑量呈現一個有效閾值，就是100毫西弗。我們可將此閾值當成區分中度劑量範圍（有效應）與低劑量範圍（效應太小而無法測量）的分水嶺。就如白血病資料所示，閾值可能高達200毫西弗，但是採用100毫西弗比較保守。重點是在此或其他研究，並無資料顯示，劑量低於100毫西弗時，會產生可測量到的癌症風險。雖說到處均有未確定性，但此個案的錯誤餘量約為千分之一，即為平均壽命少2星期。此程度的風險與自然發生癌症相比很低，而無法偵測到。即使長達50年間，研究近10萬人（曝露於兩顆核彈爆炸下）亦然。最後，公認的修補機制至少在此低範圍內有效，因此，我們預期毫無風險，即使有些輻射劑量，並沒有減少平均壽命。

中度與高度的急性劑量界線約在2,000毫西弗；超過此劑量時，單一劑量會讓早期細胞死亡變得越來越可能；低於此劑量時，細胞死亡就比較不可能。在中度範圍，雖然

輻射和癌症之間存在公認的關聯性，但是即使在此區域，輻射通常只是個相對不重要的因素。

許多人所受劑量少於100毫西弗，而且是要經歷累積許多年。正如廣島與長崎倖存者的情況所顯示，車諾比事故的傷害，除了甲狀腺癌，並沒有額外的其他癌症。來自其他致癌因素的效應遠大於輻射，因而難以偵測得輻射的致癌效應。對於安全的執迷，或說就是對於輻射的恐懼，盲目地導致更嚴重的傷害，自認不健康會有自我實現的效應。

「官方」的車諾比心得

國際原子能總署的報告也提供更增進見聞的宏觀［註4］：

1.在最受輻射影響的人口中，除了年輕時遭受曝露者，在甲狀腺癌的發生率急劇增加外，並無實體癌或白血病發生率的明確增加。

2.1986-2005年間，在「受污染」地區（白俄羅斯、俄羅斯、烏克蘭），一般民眾的平均有效劑量累積值，估計約為10-30毫西弗。至於在嚴格控制放射性的地區，平均劑量約50毫西弗或更多，有些居民遭受幾百毫西弗。車諾比事故「受污染」地區居民受到的平均劑量，大致上低於世界上住在印度、伊朗、巴西、中國等地的一些人，因為該地區具有較高的自然背景輻射（20年內100-200毫西弗）。」

3.因為車諾比事故，是否已有（或將會有）任何長期遺傳或生殖效應？因為車諾比事故影響地區民眾受到曝露的劑量相對的低，並無證據顯示男性或女性減少生育能力。這些劑量也不可能有任何重要效應，影響到死產、不良妊娠結果、分娩併發症，或嬰兒整體健康等。自2000年起，就沒出現新證據可改變上述的結論。

4.在受影響群眾的個人被官方分類為「受災者」（疏散遷居者與受污染地區民眾），通俗地被稱為「車諾比犧牲者」，也是媒體立即採用的稱呼。此標籤連同甚多的政府特撥資助，讓這些個人自認宿命註定為殘疾人。這些人中許多自認為無助、衰弱、無法控制未來，而非自認「活過來」。

為何當時對於車諾比事故的反應那般過度？這裡有個具有代表性意義的招認：瑞典輻射防護署最近發表文章，發表於《斯德哥爾摩日報》，由國際放射防護委員會主席霍姆（Lars-Erik Holm）博士等人署名。在文中，該署主任們承認，當初他們設定的車諾比事故後安全規範太嚴，要求瑞典每人每年吃肉（受到落塵影響）的劑量少於1毫西弗。他們承認，在實際上，這種作法會將劑量減至只有1毫西弗的百分之幾。結果，所有馴鹿肉的78%均銷毀，浪費納稅人的錢，也使得馴鹿牧民遭殃。那種嚴格規範的背後思維，在於讓消費者毫不擔心在店裡所買的，反正每一項風險均很低。該文寫著：「也許我們為各消費者肩負太大的責任。」因此，他們錯誤的相信線性無閾值，以及缺乏自信領導，使他們身為有關當局卻心生恐慌並定下過度防衛的決策。事後他們後悔了。

以「100毫西弗」切分

由英國皇家放射科醫學院的報告［註5］等資料可知，單一急性劑量的效應容易弄清楚。遭受超過 4,000毫西弗的急性輻射劑量，其症狀常為數週內致命，但1,000到2,000毫西弗則不然。超過100毫西弗的急性劑量會在以後增加罹患癌症的風險，其值微小但仍可偵測出。若劑量小於100毫西弗，則沒有風險。根據放射治療的經驗，急性與

慢性或重複的劑量之間的差異甚大，此事實在輻射安全的規範制定上被忽視了。

若恢復期間比1個月短，則慢性劑量每月100毫西弗將比急性劑量100毫西弗要安全（通常依受到劑量的組織和個人的年齡而定）。放射治療有效地假定修補時間為1日，因此，提議安全值為每月100毫西弗，其實是保守的。

慢性劑量率安全值每月100毫西弗，比國際放射防護委員會推薦安全值（每年1毫西弗）高1,000倍，「1,000倍」反映現行輻射安全規範過度保護的程度。若修補時間是1天，就如放射治療經驗所顯示，則此倍率就甚至更大了。但是，審慎地以1個月時間而定劑量是恰當的，因可涵蓋恢復時間特性的範圍。它也符合（或超過）正常療養恢復時期。



放射性工作人員的健康

早在當年開始放射治療時，英國放射學家的死亡率就一直和別的專業相比較。自從1954年的職業註冊以來，已有報告說沒有效應，亦即放射學家並無不同的死亡率；而在1954年之前，觀察到的效應一直都是零。但因為樣本數（2,698）太小，而且放射學家遭受的劑量未明，所以這些結論（證據）薄弱。

2009年，密黑得［註6］發表英國放射工作人員健康的報告。其樣本數更大，其各自的劑量也測量（評估）了。他們分析174,541位國防部或政府與相關研究產業的工作人員，其紀錄一直被追蹤到85歲或2002年1月（先到算數）。平均超過自然背景值的劑量為24.9毫西弗（累積了好幾年）。此劑量很低，但工作人員的數目很大，因此統計誤差很小。作者們分析資料以決定標準死亡比，亦即死亡的數目除以「人數相當但沒有曝露於輻射工作人員」的死亡數。因此，幾年來受到輻射的真正有害效應將反映在超過100%的部分，但也要考慮統計不確定性的範圍。根據密黑得修正社會階層的影響後，所有癌症的死亡比為81～84%，亦即，輻射工作人員比起其他行業者更健康。由此，我們可知輻射工作有益於健康。該研究的統計不確定性很小，因其樣本數26,731甚大，因此，其結論應很清楚。不過，作者們選擇解讀其結果在反映一個證據：雖然輻射有害，但是從事輻射工作者傾向於健康，稱為「健康工作者效應」（healthy worker effect）。

鐘錶盤油漆工的健康

曾經長期受到大量輻射劑量的人是鐘錶盤油漆工。在20世紀前半，使用放射性夜光塗料塗在鐘錶盤數字和指針上，由其發光

可在黑暗中看到時間。結果，這些油漆工受到輻射污染，尤其是為了讓油漆刷子變尖細而舔刷尖者更是。釋出阿伐粒子的鐳累積在骨骼中，又因為持續存在，可精確地倒推其受曝露劑量。此職業工作期間一直受到輻射曝露，預期會誘發骨癌的風險。在一般民眾中，骨癌占所有癌症的1%，而400人中有一人會得骨癌。因此，混淆效應不高。羅藍等人［註7］著名的研究中提出鐘錶盤油漆工的資料，191位終生工作而劑量超過10戈雷者，有46人罹患骨癌（若其他職業者應可預期少於1人）。但是，有1,339人累積劑量少於10戈雷，而全無骨癌（若其他職業者應可預期少於3人）。不像曝露於氡氣的非抽菸者或輻射工作者，這是慢性終生有害健康效應的明確證據，同時也顯示不合線性閾值假說，又提供終生慢性劑量閾值約10戈雷的確切證據；此研究的結果最強而有力。

因此，輻射曝露是否有微小累積無可修補而減短壽命？夜光錶盤油漆工的骨癌資料，顯示一生閾值1萬毫西弗。

輻射可刺激各式的修護機制，而提供的額外適應保護會持續一段時間。法國國家科學院的報告提供了目前的知識［註8］，其他的最近研究包括聯合國原子輻射效應科學委員會報告［註9］。諸如密歇勒與玻耳漢［註10］的研究，有相當多的實驗室證據顯示線性無閾值假說的謬誤、生物組織對輻射有適應性的回應。他們顯示，若細胞在某時段中，受到連續的低劑量，則隨後雖有單一高劑量，其死亡率會降低。在其他動物的實驗也看到對應的效應。

有益效應通常稱為激效（hormetic），聽來有意思，但某個程度來說是有些色離主題。觀察到的激效並不特別顯著，反而是現行的輻射安全規範的不適切度很明顯；激效強化突顯矯正輻射效應的觀點，但也不是非有不可。激效並非大的效應，是可預期的，因為各式的輻射防護機制（抗氧化劑、DNA修補、免疫學），已經由正常的氧化攻擊而激起，輻射並非主要的「演員」。即使是廣島與長崎倖存者而死於癌症者，因為輻射導致癌症而死亡者的數目，為正常人死於癌症（其原因應是氧化攻擊引起）的1/20。

重點是，輻射生物學家描述的內容搭配得宜，至少可部分解釋實際的非線性機制。

法國國家科學院與醫學學院報告

最近，法國國家科學院與醫學學院發表聯合報告，評估整個低劑量輻射效應的領域，它在2006年問世［註8］。其摘要澄清線性無閾值的定位，並且該報告不同意國際放射防護委員會的根據。

根據一些資料，此結論反對線性無閾值的有效性：

1.流行病學並無證據顯示，劑量在100毫西弗以下，會讓人額外致癌。

2.實驗動物資料並無證據顯示，劑量在100毫西弗以下存在致癌性效應。並且，劑量與效應關係很少是線性的，大部分是結合線性與二次方、或是二次方。已經在眾多數目的實驗研究中，觀察到實際的閾值或激效。

3.輻射生物學：線性無閾值假設（1）遺傳毒性風險（每單位劑量）為定數，不管劑量和劑量率多麼不同，因此，基因體兩大保護者（修補DNA、以細胞死亡的方式消除）的效能，在DNA損傷時並不因劑量與劑量率而變。這樣的假設與許多近來的輻射生物資料不合，例如，突變效應與致命效應卻會改變（每單位劑量）。又假設（2）不管相同細胞的或鄰近細胞的其他



DNA損傷數目，某個DNA損傷而引起癌症的機率一樣。此假設也和近來的資料與近代致癌觀念（微觀環境與組織變形扮演重要角色）不合。個人或動物被鐳或鈈污染時，存在閾值劑量，因為被輻射照射的某細胞，其圍繞細胞沒受到輻射照射時，並不會致癌。提倡線性無閾值者應該負責證明上述兩假設的有效性，以便為線性無閾值的使用辯護。

其他的輻射生物學家更直接，例如，波立卡夫與費南德根最近的文章［註11］指出，近代知識與全球輻射安全組織的整體觀念不相符。

國際放射防護委員會觀點

國際放射防護委員會最近的建議是ICRP103［註12］，相對於其1990年報告的觀點，前者提供一些估計輻射風險的重大鬆綁，但此2007報告仍執著於線性無閾值：「在可預見的未來，『線性無閾值模式』此一長存問題的有效性，可能無法獲得明確的科學決議，並且，『證據權重』爭辯與實際的判斷，很可能繼續存在。」在其他地方，國際放射防護委員會的報告承認有高劑量閾值的存在，而在某些條件下有低劑量閾值：「在子宮內輻射引發組織反應、畸形、神經系統的效應等的劑量反應，均可判斷高於好幾十毫西弗劑量閾值的存在。」

比較其與法國的差異如下［註13］：

1.樂觀者（法國科學院［註7］、波立卡夫與費南德根［註10］等許多輻射生物學家）說這些數據與「100毫西弗以下無風險」相符合。

2.悲觀者（國際放射防護委員會等）說風險與線性無閾值假設相符。

3.此兩觀點在單一急性劑量時是相符的，例如，廣島與長崎倖存者的健康紀錄。

4.樂觀者解釋其中的機制，而悲觀者堅守無法解釋的線性信仰。

因為堅守線性無閾值，悲觀者認為即使在100毫西弗以下，每個劑量增加個人一生中，無形逐漸累積輻射曝露，而該劑量對健康留下不可磨滅的印記。樂觀者指出該觀念無法符合「多重與慢性劑量的數據、現代輻射生物學的基本觀點」。

與上述爭論無關，但重要的關切是，悲觀者的論點使得使用核子科技很昂貴，即使在不斷加劇的氣候變化下，仍妨礙核能的使用。

就如法國國家科學院報告所言，鬆綁的輻射安全措施將帶來影像診斷的福祉，因其現行規範極度容易讓患者拒絕接受診斷，但其實對他們更有利。該院又指出：「人類輻射曝露安全值應可建議為：若是單一劑量則100毫西弗；每個月總量100毫西弗；一生中總曝露量5,000毫西弗。這些值其實還是保守的，也許有個一兩倍的討論空間，但不會是10倍。……證據顯示，在85歲前，若工作人員曾曝露於低劑量輻射中，其癌症死亡率就少15－20%，顯示低劑量輻射劑量似乎是有益的。」

日本福島的教訓

在福島，以每年20毫西弗的曝露值用來界定疏散區，實在太低標，許多人實在不需遷離卻被迫離鄉背井；結果，因為「非輻射原故」，事故後1年導致約600人死亡，但輻射則未直接導致任何人員死亡。

這樣具有侵入性的社會經濟切割標準，應該訂得相當寬，也許高達每個月100毫西弗，該值仍比治療癌症時患者健康組織每月所受劑量小200倍。明顯地，要求「合理抑低」的人體健康顧慮與臨床醫療所顯示的人體健康顧慮實在無法相匹配。正如同在車諾比，在福島的主要健康威脅來自恐慌、不確定、強制撤離等，而非來自輻射。在日本，對輻射的審慎已經傷害許多生命，產生額外的社會經濟成本、悲慘、相互指責、對當局失去信任。

正確的安全值應該是相對安全地高（as high as relatively safe），而非國際放射防護委員會的「合理抑低」（as low as reasonably achievable）。（本文作者為行政院科技會報辦公室研究員）

參考文獻

註1：Roychoudhuri, R. et al (2007) Increased cardiovascular mortality more than fifteen years after radiotherapy for breast cancer: a population-based study. BioMed Central Cancer, 7: 9.

註2：Henriksen, T, and Maillie, H D. (2003) Radiation & Health. Taylor & Francis.

註3：Preston, Dale L. et al (2004) Effect of Recent Changes in Atomic Bomb Survivor Dosimetry on Cancer Mortality Risk Estimates. Radiation Research. 162: 377 - 389.

註4：IAEA (2006), Chernobyl's Legacy. International Atomic Energy Agency.

註5：RCR (2006) Radiotherapy Dose Fractionation. Royal College of Radiologists.

註6：Muirhead, C R et al (2009). Mortality and cancer incidence following occupational radiation exposure: third analysis of the National Registry for Radiation Workers. British Journal of Cancer, 100, 206 - 212.

註7：Rowland, R.E. et al (1997) Bone sarcoma in humans induced by radium: A threshold response? Radioprotection 32: C1-331 - C1-338.

註8：Tubiana, M and Aurengo, A. (2006) Dose-effect relationships and estimation of the carcinogenic effects of low doses of ionizing radiation. Joint Report of the Academie des Sciences (Paris) and the Academie Nationale de Medecine. International Journal of Low Radiation. 2:135 - 153.

註9：UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation) (1994). Sources and Effects of Ionizing Radiation. Report to UN General Assembly.

註10：Mitchell, R E J. and Boreham, D R (2000). Radiation Protection in the World of Modern Radiobiology: Time for A New Approach. International Radiation Protection Association, Hiroshima, Japan, 15 - 19 May 2000.

註11：Pollycove, M and Feinendegen, L E (2008) Low-dose radioimmuno-therapy of cancer. Human Experimental Toxicology. 2008; 27: 169 - 175.

註12：ICRP (2007) Report 103: 2007 Recommendations. International Commission for Radiological Protection.

註13：Tubiana, M. et al. (2006) Recent reports on the effect of low doses of ionizing radiation and its dose-effect relationship Radiation and Environmental Biophysics 2006 44:245.

歐盟決議　壓力測試的結果應儘速付諸施行

文．編輯室

歐洲議會的能源委員會已以48票贊成、5票反對和7票棄權的結果，通過一項決議草案，建議儘速將歐盟各國執行核子反應器壓力測試（stress test）所得到的收穫付諸施行。

歐洲議會的成員於2月6日針對核能安全進行辯論，並於次日就該決議草案進行投票。根據決議，核電業者應負擔歐盟所有131座核子反應器依決議進行的安全升級所需的費用。安全升級的總費用估計大約為250億歐元（折合約340億美元），平均每部核子反應器約為1.9億歐元（折合為2.56億美元）。能源委員會也要求在2013年底前提出有關核子保險和核子責任的新議案。



在2011年3月11日本福島核電廠事故後，歐盟要求各國進行壓力測試。核電業者進行壓力測試後，應先提出安全評估報告送交該國核能管制機關審查，接著還需通過核電同業審查的程序，報告最後的定稿於2012年4月再由獨立運作的歐洲核能安全管制組織（ENSREG）背書。

能源委員會在2012年10月宣布此波壓力測試的結果：歐洲核電廠的安全性整體而言算是良好能讓人滿意，也沒有因為安全理由而需要關閉任何電廠，不過個別電廠都需要進行一些特定的改善，譬如強化地震和洪水風險計算準則的應用；進行現場地震儀的安裝或改善；安裝圍阻體通風過濾系統；及早於安全區域貯備嚴重事故救災設備；以及設置備用的緊急控制室等等。

能源委員會也檢討現有歐洲核能安全的法規架構，並表示將在2013年初提出核能安全指令（Nuclear Safety Directive）的修正版。修正重點聚焦於安全要求、核能管制機關的角色和權力以及透明化與監督機制。另能源委員會也打算與歐盟各國的核能管制機關，一同於2014年6月就各國執行壓力測試決議的建議其執行概況進行報告。

WNN News 2013/01/25

美國核廢料處置計畫 捲土重來

文．編輯室

美國能源部長朱棣文於1月10日宣布了一項新的核廢料處置計畫。這份新計畫是能源部在原先提出的雅卡山（Yucca Mountain）高放射性廢棄物處置計畫，因國會強力杯葛而胎死腹中3年後，重新根據藍帶委員會的建議加以修訂，再度捲土重來。

而正當美國核能管制委員會重新檢討核廢料信心法案（Nuclear Waste Confidence Rule），並可能因此對新舊核電廠因未具備核廢料長期管理方案（沒有用過核燃料的長期貯存場址），而無法取得或更新運轉執照之際，提出這份新的核廢料處置計畫可說正是時候。

依據這份新核廢料處置計畫，一座「先導型中期貯存場」將在2021年開始營運，該貯存場的主要目的，是貯存從目前已關閉的核電廠中移出的用過核燃料；到了2025年，一座「全尺寸中期貯存場」也將開始啟用；而展望2048年，將完成一座地下處置場，以永久處置這些用過核燃料。而類似的地下處置場，以後全美各地可能將不止一座。這幾座貯存場可以是個別的，或是以任何可能的合建方式，設置在經過美國民眾同意的場址上。

以上時間表的規劃，是用來減輕聯邦政府在1982年訂定的「核廢料政策法案」（Nuclear Waste Policy Act）之下，日益沉重的負擔。因為根據這項法案，美國聯邦政府應該在1998年開始接管各電力公司產生的用過核燃料；但是目前約有68,000公噸的用過核燃料仍散置在全國72座不同的核電廠中，而美國能源部就必須不斷的補償各電力公司為這些用過核燃料所投下






的貯存費用。

這兩座中期貯存場的用過核燃料接收速度，將比電力公司每年2,000公噸的產生速度要快。因此這些多年來所累積的，待處理用過核燃料可以逐漸去化掉。能源部也表示，如果立法的速度愈快，讓新核廢料處置計畫愈早施行，則納稅人所付出的成本也會相對愈低。

為了管理這些未來的貯存場的選址、建造以及營運作業所需，將在獨立自主與受國會和行政部門監督的一個平衡基礎上，設置一個新的管理組織。這個組織的設立形式可能是國營公司，或者是獨立的政府機構。最重要的是，這個單位必須具有執行任務的權力並能發號司令，這包括能透過適當方式動用「核廢料基金」。而從1982年起，各電力公司已經向這個基金挹注了280億美元之多。

未來10年，這個組織將為這幾座貯存場尋找合適的場址，方式包括獎勵自願申請為候選場址的地區，或者主動去接洽有合適地質條件的地區。這種選址的模式，過去在瑞典和芬蘭都有成功的經驗，而且這兩國的地下處置場現在都已經進行到申請建照的階段。而加拿大和英國也採用類似的模式處置高放射性核廢料。至於在澳洲，則是用於處置低放射性核廢料。美國德州安德魯斯郡，也在地方領袖為爭取更多收入來源的動機下，同意設置一座低放射性核廢料處置場。

但是有一件事情是這個新的管理組織不能碰的，那就是用過核燃料的再處理和再循環。能源部表示，不進行用過核燃料的再處理和再循環是美國現行的政策，而且在可預見的未來也都將是如此。

WNN News 2013/01/14



核能新聞

文．編輯室

國外新聞

日本首相保證重新啟動核能機組

日本安倍首相在2月27日於國會的演講中保證，只要能符合原子力管制委員會（NRA）於今年7月正式定稿的新安全標準，目前停機中的48部核能機組將可獲准重新啟動。

安倍首相表示，為了保有經濟上的競爭力，日本需要倚賴核能來供應穩定又便宜的電力，不過，新的安全標準必須完全遵守，絕不容許打折。

NYT 2013/02/28

阿拉伯提出布拉卡 3、4 號新建機組的執照申請

阿拉伯聯合大公國核能公司（Enec）宣布，在與主要供應商韓國電力公司（Kepco）歷經18個月的努力後，日前已向該國聯邦核能管制局提出布拉卡核電廠3、4號機組厚達1萬頁的建廠執照申請案。

執照申請文件是根據布拉卡核電廠1、2號機組，以及布拉卡核電廠的參考廠──韓國新古里核電廠3、4號機的安全分析內容編纂而成。布拉卡核電廠和韓國新古里核電廠的設計非常類似，但是為配合該國與韓國不同的供電頻率，以及高溫和沙暴的嚴苛氣候狀況，此外也為了納入從福島事故學到的教訓，因此做了一些設計變更與補充。

布拉卡核電廠4部機組於2009年12月決標採用韓國APR-1400反應爐設計，總價200億美元，預定2020年全數投入營運。其中1、2號機的建廠執照已於2012年7月核發，1號機於取得建廠執照的第2天澆灌首塊混凝土，並可望在2017年完工。而2號機的首塊混凝土澆灌則預定在2013 年年中，完工時程則比1號機晚一年。至於3號機是規劃在2019年5月開始商轉，4號機則預計可於2020年5月跟進。

WNN News 2013/03/04

車諾比爾核電廠屋頂倒塌沒有安全影響

俄國車諾比爾核電廠4號機組汽機廠房的部分屋頂及牆壁，在2月12日下午因屋頂積雪過重而倒塌。事件肇因與善後的調查報告，將在14天內提出，不過電廠廠長表示，此次倒塌事件沒有對反應爐或是保護反應爐的屏蔽造成影響。

大約有600平方公尺的牆面和屋頂塌陷到廠房內，倒塌的位置是離反應爐較遠的區域，此部分曾在1986年發生核能事故時受損並進行過檢修。不過此次事件沒有造成人員傷亡，對於即將進行的「新安全防護罩」工程也沒有影響。這個「新安全防護罩」預期在2016年完工，屆時將會把反應爐和包括倒塌的建物在內的部分汽機廠房安全的包覆起來。

WNN News 2013/02/13

德國核燃料稅的徵收可能翻案

德國漢堡稅務法庭於2013年1月30日宣

判，德國政府徵收核燃料稅之舉是用以抽取核電經營者的利潤，超過政府權限且違背憲法，因此將本案移送憲法法庭處理。

本案起因於德國政府於2008年放棄其維持10年的反核政策後，自2011年1月起向電力公司收取核燃料稅以作為回饋。收取的方式是自裝填進反應爐的核燃料中，每1克的易分裂物質（譬如鈾235）徵收145歐元（相當於5,655元新台幣）的稅金。不過，在福島事故後德國政府又恢復逐步廢核的政策，並關閉8座反應爐，但是核燃料稅還是照常徵收。迄今為止德國政府共已向電力公司抽取了15億歐元（585億新台幣）之多。

雖然德國憲法允許聯邦政府能立法收取稅款，以抑制個人對能源的消耗，不過聯邦政府藉由核燃料稅抽取核電經營者的利潤，對能源減耗沒有任何幫助，顯然是對憲法錯誤的引用。雖然德國電力公司對核燃料稅的立法基礎不斷加以質疑，尤其在德國政府恢復廢核政策後進而採取訴訟行動，不過因為斯圖加特（Stuttgart）稅務法庭支持政府的作法，因此核燃料稅的徵收迄今還能不為所動，直到漢堡稅務法庭今天的判決公布，本案才有移送憲法法庭翻案的機會。

WNN News 2013/01/30

中國首座 AP1000 完成圍阻體封頂

中國三門核電廠建造中的世界首部西屋公司AP1000反應爐，已於1月29日將直徑40公尺，高約11.5公尺，重達655公噸的圍阻體頂蓋（CVTH）安裝在圍阻體結構上，成功完成圍阻體封頂，並結束核島區的一般基礎工程，達成一個重要的里程碑。

AP-1000型電廠採用預製模組化設計，圍阻體是4.5公分厚的鋼製桶形結構，直徑39.6公尺，由四圈先在設備製造工廠預鑄的環形鋼板以及圍阻體頂蓋，於工地現場所組成。三門核電廠1號機700公噸重的圍阻體底殼（CVBH）是於2009年12月完成安座，而四圈預鑄的環形鋼板則一圈疊一圈的往上組裝，最後圍阻體頂蓋再安裝於第四圈環形鋼板之上，圍阻體工程差不多就算是大功告成了。

在2007年9月，西屋公司與Shaw Group共同取得在中國建造4部AP1000反應爐的標案，兩部是在浙江省三門核電廠，另兩部是在山東省海陽核電廠。開工最早的三門核電廠1號機組預定於2014年開始發電，而所有4部機組可望於2016年之前全數投入營運。

WNN News 2013/01/29

保加利亞核能公投 選民按個「讚」

在反對黨「保加利亞社會黨（BSP）」的推動下，保加利亞於2013年1月27日舉行是否贊成在保加利北部的貝雷內（Belene）地區興建第2座核電廠的公民投票。雖然選民中有61%投下贊成票，不過，因21%的投票率遠低於法定要求的60%，因此這項結果不具約束力。但是因已跨越投票率20%且贊成票超過50%的門檻，因此這項議題將送交國會進行辯論與表決。

貝雷內核電廠是在10年前計畫興建，以取代提前除役的寇茲婁杜（Kozloduy）核電廠，並維持保加利亞能源出口國的地位。雖然建廠工程已於6年前由俄羅斯國營核電建設出口公司（Atomstroyexport）標得，不過建廠進度不斷受到延誤，而目前執政的歐洲發展公民黨（GERB）政府更打算變更政策，停建貝雷內核電廠，改為進行寇茲婁杜核電廠的延役。

由於保加利亞人民傳統上較支持核能發電，因此反對黨成功發動支持者連署進行「保加利亞是否應透過建造新核能電廠來發展

核能？」的公投。雖然公投結果對核能發電較有利，不過現任總理波瑞索夫近期正積極接觸傾向反核的奧地利政府，嘗試以天然氣做為取代核能的另一選項。

WNN News 2013/01/28

化石燃料進口燒掉了日本的貿易盈餘

為了替補仍遲遲無法重新啟動的核電機組所留下的能源缺口，日本在2012年液化天然氣（LNG）的進口量比2011年成長了11％，不過，由於燃料的需求帶動區域價格的攀升，實際上花在LNG的總成本更大幅增加25％，來到660億美元，超過日本進口商品總值的8%，也比福島事故前的水準飛漲270億美元。而這已是連續第2年日本LNG進口顯著的增加，並造成2012年高達699億美元的貿易赤字。

雖然新任首相安倍已表達對核能發電的有條件支持，不過，日本核能管制委員會（NRA）要到今年7月才能將核電機組重新啟動的安全要求定稿，而且有多少機組可以獲准重新啟動現在也仍不清楚。鑑於這些不確定因素，新任環保大臣已宣告日本放棄原先所訂定的二氧化碳減量的目標。

WNN News 2013/01/25

中國又一部新反應爐完成啟動

中國遼寧省紅沿河核電廠1號機於1月17日正式併聯發電，成為中國第17部運轉的核能機組。這部CPR-1000反應爐是於2007年8月開工建造，但受到日本福島事故波及而延誤工程進度。

紅沿河核能電廠是首次得到中國中央政府批准4部機組同時並行建造的案例，也是中國東北的第1座核能電廠，由中國廣東核電集團（CGNPC）與中國電力投資集團（CPI）合組的合資企業負責營運，Alstom提供4台低速汽輪發電機組，但是國產化率超過70%。紅沿河核電工程也包括一座每天可生產10,080 立方公尺的中型海水淡化廠，開闢了中國內地核能電廠利用海水淡化技術提供淡水資源的先河。

WNN News 2013/01/22

聯合國批准 UNSCEAR 的輻射建議

聯合國原子輻射效應科學委員會（UNSCEAR）在經過5年的研究後，提出一份有關於界定輻射效應對個人和大眾健康影響的建議，並已獲得聯合國大會的認可，將可做為世界各國未來在建立國家輻射安全政策時的參考。

同時，根據該委員會向聯合國大會發表的一份初步調查報告，調查人員並未觀察到在日本福島事故發生時，位於福島核電廠區域內的大眾、工作人員或者兒童，有因輻射效應而影響到健康的情形。這個結論與世界衛生組織（WHO）和東京大學的研究結果一致，顯示即使在這座已嚴重受損的核電廠周遭的人們，由於所接受到的輻射劑量仍然很低，因此不預期會對身體健康產生可被察覺的影響。

報告中也指出，由於在低輻射劑量下的不準度很高，因此不建議將不高於背景輻射劑量水準（約每年1-13毫西弗（mSv）的輻射劑量水準）的低輻射劑量增加量直接乘上群體的人數，來估算因輻射效應導致健康受到影響的人數。而輻射效應對健康的影響，通常只有在因嚴重輻射事故或放射線治療的案例中，接受超過1,000毫西弗的急性高輻射劑量曝露下，才開始變得明顯。

WNN News 2012/12/10

國內新聞

OECD 核能署專家：若發生福島等級地震與海嘯 台灣 3 座核電廠可以存活

原能會向經濟合作暨發展組織核能署（OECD／NEA）提出申請，為我國特別籌組的6人獨立專家小組，自3月4日至15日進行「運轉中核能電廠壓力測試國家報告」的同行審查工作。審查結果確認台電現有強化改善措施，足以抵禦颱風、地震或海嘯等天災考驗。

在15日的記者會中，小組召集人納高斯基博士（美國籍）表示，小組對於4份壓力測試報告與核二廠實地訪查的結果，給予相當高的評價，認為台灣核電廠具有堅強的核安文化。

專家小組中的日籍專家Katsurori OGURA博士表示，如果現在台灣發生如311等級的地震與海嘯，台灣3座核電廠將可以在這種天災狀況下存活（survived）。

審查報告也特別指出，台電所提出的「斷然處置」程序，是很好的作法。整體而言，專家小組肯定原能會與台電所提的強化措施，3座核電廠可說是通過壓力測試。

這項同行審查工作是針對國內運轉中核電廠壓力測試結果，進行公正獨立的第三方國際專家審查，以進一步發現提昇核安、確認改善成效的作法。審查過程中，專家小組除與原能會及台電公司就壓力測試報告的內容進行討論及意見交換，並赴核二廠實地視察，以確立電廠實際相關措施與書面報告內容相符合。

OECD專家小組召集人納高斯基逐一說明初步審查結論如下：

一、整體而言，專家小組發現我國所實施的壓力測試與歐盟核安管制組織（ENSREG）所採用的標準及程序是一致的。

二、我國所採行的核安強化措施，與其他國家所採行的項目是一致的。

三、專家小組認為原能會及台電公司所採行的各項強化措施，是良好的典範（good practice）。

四、原能會及台電公司已採用更新的方法論及假設，進行地震及水災領域的技術評估，專家小組等評估完成後，將再確認相關議題的結果是否符合要求。

同時，專家小組特別指出，原能會對3座電廠預防海嘯的安全措施非常嚴謹；原能會要求台電防海嘯牆應有6公尺的安全餘裕，專家小組則認為2公尺的餘裕就可以，不需要這麼高。

該專家小組是由3位美國籍、1位土耳其籍、2位日本籍核能專家所組成，是特別針對我國對於海嘯和地震的需求「量身訂



OECD ／ NEA 專家小組記者會

作」、任務編組，也只到台灣進行同行審查。

納高斯基表示，關於3座電廠遭遇地震與水災時的應變，由於原能會與台電還在進行相關調查，如果有新的發現，應該要視情況再加強相關設施。

原能會核管處長陳宜彬表示，預計年底之前會再邀請歐盟核能專家團來台進行壓力測試同業審查，屆時將納入核四廠壓力測試報告一同評估。至於本次同行審查的正式報告（英文版）則預定在一個月後送達原能會。

（本刊訊 2013.03.15）

新聞小辭典

壓力測試：考量地震、海嘯、洪水及其他可能潛在導致喪失安全系統的特殊狀況下，對核電廠的安全餘裕大小所作的再評估。

同行審查：由多位相關領域的專家來進行的評估工作，目的在保持水準、提升績效與強化信心。

核一廠運轉績效良好 並未發生輻射外洩

近來媒體報導指稱台電核一廠為拼世界最長連續運轉時數，竟在輻射外洩一個月情況下還連續運轉，輻射安全值超過法定50倍，台電公司鄭重駁斥絕無此事。

台電表示，核一廠運轉績效良好，確實曾多次滿週期連續運轉，並在民國74年2月～75年3月間創造418天連續運轉的紀錄，但在這段期間內並未發生任何輻射安全值超過法定限度的情形。

據了解，核一廠歷年放射性廢氣排放實績，利用專業評估模式估算，其廢氣排放造成廠外最大個人劑量約只有法規限值的千分之1，遠低於天然輻射造成的輻射劑量。另外，根據環境輻射監測的實測資料，顯示該廠放射性廢氣排放也是遠低於法規限值，並未對廠外環境造成不良影響。

（本刊訊 2013.03.12）

原能會「雷得城」網路有獎徵答開始囉！

因應「環境教育法」的實施，原子能委員會與台北市立教育大學應用物理暨化學系合作，以教育部頒行的國中、國小課程綱要為指標，結合生活中環境游離輻射的相關議題，共同完成國小四格漫畫、國中繪本、鄉土版繪本，以及「輻射-您有所不知」手冊的電子書，放置於原能會環境游離輻射教育網—「雷得城」之中。

為歡迎社會大眾造訪「雷得城」，原能會於102年3月7日上午9時起至102年3月31日下午5時止，辦理網路有獎徵答活動，請大家踴躍上網翻閱及參加活動！精美的電子書內容請趕緊到「便民專區」／「雷得城」（http://www.aec.gov.tw/webpage/radtown/default.php）去嚐鮮吧！

（本刊訊 2013.03.07）



下個月爸爸要帶全家人去日本度假，媽媽說：「坐飛機時接受到的宇宙射線要比地面上高出許多。也就是說，隨著高度越高，我們所接受到的輻射就越強。」

其實，我們台灣這個小小的海島，地形高低不同的地區，天然輻射會高低不同，因此各地居民接受的輻射劑量也不同喔，尤其是玉山、阿里山的天然輻射比核電廠附近地區還高呢。所以我們去爬山時，每爬高一點，所接受的輻射也就更高一點了。



國內外航線旅客所受宇宙射線劑量

航線(往返)	劑量(微西弗)
臺北 ⟷ 紐約	156
臺北 ⟷ 雪梨	48
臺北 ⟷ 新加坡	15
臺北 ⟷ 金門	0.67
臺北 ⟷ 蘭嶼	0.13
高雄 ⟷ 馬公	0.07

資料來源：翁寶山，台灣放射性廢棄物史話，行政院原子能委員會放射性物料管理局出版

本文取材自「原子能 ABC」，行政院原子能委員會，99 年 12 月出版